



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Escola Politècnica Superior d'Edificació
de Barcelona

MASTER DE CONSTRUCCIÓN AVANZADA EN LA EDIFICACIÓN

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

REVALORIZACIÓN DE LA TOTORA COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN

Proyectista: Esther Margarita González Ramón Arq.

Director/es: Dra. Montserrat Bosch González

Convocatoria: 2018-2020

Resumen

El uso de materiales no renovables que no cumplen con un ciclo de vida cerrado en la construcción ha generado un incremento en el impacto ambiental. Por ende, se busca implementar materiales que se encuentren en el entorno, sean biodegradables, reutilizables, y generen una menor incidencia. La aplicación de materiales tradicionales como paja, bambú, hojas de palma, entre otros materiales que son accesibles al hombre, han permitiendo buscar una solución rápida a la necesidad social y ambiental, basado en un conocimiento empírico que ha ido evolucionando tras generaciones.

Por lo tanto, se requiere demostrar la viabilidad de un material vegetal con rápida capacidad de renovación, que se encuentra presente en gran parte del hemisferio norte, específicamente en las zonas tropicales. Por ello y debido al déficit de información sobre la totora y sus posibles aplicaciones, este recurso no es aprovechado adecuadamente.

El presente trabajo se enfoca directamente en la *Shoenoplectus californicus* conocida como totora, siendo una especie vegetal abundante caracterizada por ser una macrófita de la familia de las *Cyperaceae*, que crece en humedales, lagos, ríos, estanques de agua dulce o salada, soporta altas variaciones climáticas debido al alto contenido de humedad que posee en su interior.

Su composición interna conserva tejidos tubulares porosos, con cámaras de aire lo que le permite ser un material liviano y con buenas prestaciones térmicas y acústicas; permitiendo que por generaciones el recurso sea aprovechado para realizar construcciones de viviendas, elementos ornamentales, artesanías, mobiliario, en el campo medicinal, alimenticio y como purificador de agua.

La investigación realizada pretende revalorizar la totora como material de construcción, ejecutando un análisis y recopilación de la información existente en artículos científicos, revistas, libros, páginas web, tesis; sin restricción de fecha, en los idiomas español e inglés. Se ha incluido literatura gris mediante búsqueda manual, para abarcar más extensamente el estado del arte.

En el proceso de búsqueda se encontró la página web "Naturalista", la misma que permite acceder a una base de datos obtenida por *California Academy of Sciences* y *National Geographic Society* en donde se visualizan los cultivos de fibra vegetal que existen a nivel mundial, saber cuál es el estado de conservación, producción, fotografías, porcentaje de crecimiento mensual y anual, ubicación, distribución y número de investigadores. En esta plataforma se puede visualizar cualquier plantación que se encuentre registrada y es de mucha ayuda ya que se podría implementar haciendo referencia al radio de acción de la obra para suministrar la materia prima que se utiliza.

Aunque la plataforma solo presenta información general sobre la fibra, sería interesante visualizar cuales serían los usos y aplicaciones que se puede tener con la materia prima, conocer los proyectos realizados a base de la fibra.

A si mismo se realizó una clasificación según el tipo de documento, generando una línea de vida en donde se refleja un análisis cronológico de los proyectos realizados en diferentes países. En base a estos documentos se estableció una nube de palabras obviando las de mayor demanda. También se creó un esquema representativo de los nodos de investigadores en donde se visualiza el exponente con mayor dominio en el tema. Finalmente, se seleccionan los casos de estudio tomando como referencia el *Fibra Award 2019*, en el que se exponen varios proyectos elaborados a nivel mundial con materiales de base biológica de altas capacidades estructurales y prestaciones térmicas e hidrométricas.

En los proyectos se realiza una clasificación según el uso que tendrá la fibra: separar, aislar, cerrar, formar, vestir y cubrir. Permitiendo determinar las características del material, propiedades, usos actuales y futuras aplicaciones. Siendo viable para la sustitución de materiales tradicionales que actualmente generan un porcentaje alto de contaminación ambiental sin tener el conocimiento de ello. Por ende, se presente inculcar el uso de materiales biodegradables que se encuentren dentro del radio de acción a intervenir. Aprovechar su costo y generar una sostenibilidad social debido al aprovechamiento de la mano de obra local.

Se determino la viabilidad del material para futuras aplicaciones tomando como referencia varios casos de estudio en el cual se evidencio que, con el uso de materiales locales aplicados correctamente, el buen aprovechamiento de sus propiedades y características físicas se puede lograr un mejor confort e incidencia ambiental mínima. Esto es soportado con la creación de nuevos productos e investigaciones en la línea de elementos arquitectónicos; con el afán de aprovechar la viabilidad del recurso.

Tomando en consideración la importancia de conocer el comportamiento del material respetando el ciclo de vida para generar un mínimo impacto ambiental, se puede cambiar la perspectiva visual en cuanto al uso de materiales considerados low tech, que han sido aplicados en la arquitectura vernácula.

Si se crea un nicho de mercado en el cual se expongan diferentes diseños e implementen la biomasa para la creación de nuevos productos, y se inculcan las aplicaciones y técnicas ancestrales que permitan rescatar la identidad cultural reflejada en la aplicación de un material tradicional del entorno. Se lograría fusionar la aplicación de los materiales con la arquitectura contemporánea, generando proyectos innovadores que cambien la percepción del usuario y concepto erróneo sobre el uso de fibras vegetales.

Abstract

The use of non-renewable materials that don't meet a closed life cycle in construction has generated an increase in environmental impact. Therefore, we seek to implement materials that are in the environment, biodegradable, reusable, and generate a lower incidence. The application of traditional materials such as straw, bamboo, palm leaves, among other materials that are accessible to man, have allowed us to find a quick solution to social and environmental needs, based on empirical knowledge that has evolved after generations.

Therefore, it's required to demonstrate the viability of a plant material with rapid renewal capacity, which is present in much of the northern hemisphere, specifically in tropical areas. For this reason and due to the lack of information about the Totorá and its possible applications, this resource isn't used properly.

The present work focuses directly on the *Shoenoplectus californicus* known as totora, being an abundant plant species characterized by being a macrophyte of the Cyperaceae family, which grows in wetlands, lakes, rivers, fresh or salt water ponds, supports high variations climatic due to the high moisture content it has inside.

It's internal composition preserves porous tubular tissues, with air chambers which allows it to be a lightweight material and with good thermal and acoustic performance; allowing for generations the resource to be used to make housing constructions, ornamental elements, handicrafts, furniture, in the medical field, food and as a water purifier.

The research carried out aims to revalue the totora as construction material, executing an analysis and compilation of the information in scientific articles, magazines, books, web pages, theses; without date restriction, in the Spanish and English languages. Gray literature has been included by manual search, to cover more extensively the state of the art.

In the search process, the "Naturalist" website was found, which allows access to a database obtained by the California Academy of Sciences and the National Geographic Society where plant fiber crops that exist worldwide are displayed, know what's the state of conservation, production, photographs, percentage of monthly and annual growth, location, distribution and number of researchers. In this platform you can visualize any plantation that is registered and it's very helpful since it could be implemented by referring to the radius of action of the work to supply the raw material that is used.

Although the platform only presents general information about the fiber, it would be interesting to visualize what would be the uses and applications that can be had with the raw material, to know the projects carried out based on the fiber.

A classification was made according to the type of document, generating a lifeline where a chronological analysis of the projects carried out in different countries is reflected. Based on these documents, a word cloud was established, avoiding the ones with the highest demand. A representative scheme of the nodes of researchers was also created where the exponent with the greatest domain in the subject is visualized. Finally, the case studies are selected based on the 2019 Fiber Award, in which several projects developed worldwide with biological-based materials with high structural capacities and thermal and hydrometric performance are exposed.

In the projects a classification is made according to the use that the fiber will have: separate, insulate, close, form, dress and cover. Allowing to determine the characteristics of the material, properties, current uses and future applications. Being viable for the replacement of traditional materials that currently generate a high percentage of environmental pollution without having the knowledge of it. Therefore, it is inculcated the use of biodegradable materials that are within the range of action to intervene. Take advantage of its cost and generate social sustainability due to the use of local labor.

The viability of the material for future applications was determined taking as reference several case studies in which it was evidenced that, with the use of correctly applied local materials, the good use of its properties and physical characteristics can achieve a better comfort and environmental impact minimum. This is supported by the creation of new products and research in the line of architectural elements; with the desire to take advantage of the viability of the resource.

Taking into consideration the importance of knowing the behavior of the material respecting the life cycle to generate a minimum environmental impact, the visual perspective can be changed regarding the use of materials considered low tech, which have been applied in the vernacular architecture.

If a market niche is created in which different designs are exposed and implement the biomass for the creation of new products, and the ancestral applications and techniques that allow to rescue the cultural identity reflected in the application of a traditional material of the environment are instilled. It would be possible to merge the application of materials with contemporary architecture, generating innovative projects that change the user's perception and misconception about the use of plant fibers.

Keywords

Construcción, material, tratamiento, técnicas, totora, aislamiento, fibras, paneles, revestimientos, biomasa, artesanías, thypa, papel, humedales.



“Lo esencial es tener el coraje de arriesgar y desarrollar nuevas ideas”
Zaha Hadid



Índice

1	Introducción	15
2	La Totorá, como material de origen vegetal	19
3	La Totorá, objeto de investigación	49
4	La Totorá, Arquitectura y construcción Contemporánea	62
5	Futuras Aplicaciones	76
6	Conclusiones	85
7	Bibliografía	86
8	Agradecimientos	88

Índice de Fotografía

Fotografía 1 Collage de totora, Fuente: varias, Edición: Gonzalez M., 2019	7
Fotografía 2 Ecosistemas de agua, Fuente: Freire R, 2018	13
Fotografía 3 Tallos de totora, Fuente: desconocido, Edición: González M., 2019	18
Fotografía 4 Plantas acuáticas, Fuente: Altas copas, Edición: Gonzalez M., 2019	20
Fotografía 5 La totora, Fuente: varias, Edición: González M., 2019	22
Fotografía 6 Totora, Fuente: Naturalista, 2018	24
Fotografía 7 Localización de la totora, Fuente: Naturalista, 2019	24
Fotografía 8 Ubicación Juncos Schoenoplectus californicus, Fuente: Naturalista, 2019	26
Fotografía 9 Investigaciones actuales sobre totora, Fuente: Naturalista, 2019	27
Fotografía 10 Cultivos de totora, Fuente: Naturalista, 2019	27
Fotografía 11 Partes de la totora, Fuente: Naturalista, Edición: González M., 2019	28
Fotografía 12 Partes de totora, Fuente: Naturalista, Edición: Gonzalez M., 2019	28
Fotografía 13 Partes de la totora, Fuente: varias, Edición: González M.	28
Fotografía 14 Fase de la Totora, Fuente: varias, Edición: González M., 2019	32
Fotografía 15 Cultivo de totora, Fuente: Naturalista, 2019	33
Fotografía 16 Técnicas de reimplante, Fuente: Pelt, 2001	33
Fotografía 17 Técnicas de reimplante de totora, Fuente: Pelt, Edición: González M., 2019	34
Fotografía 18 Herramientas para la cosecha de totora, Fuente: Pelt, Edición: González M., 2019	35
Fotografía 19 Usos y aplicaciones tradicionales de la totora, Fuente: varias, Edición: González M., 2019	36
Fotografía 20 Aplicaciones de la totora, Fuente: Varias, Edición: González M., 2019	38
Fotografía 21 Tejidos de Totora, Fuente: Oscar Jara, Edición: González M., 2019	39
Fotografía 22 Tipo de tejidos, Fuentes: Hidalgo J. Edición: González M, 2019	40
Fotografía 23 Cosecha de totora, Fuentes: varias, Edición: González M., 2019	41
Fotografía 24 Construcción de caballo de totora, Fuente: Mundo totora, 2017	41
Fotografía 25 Traslado de embarcación, Fuente: Mundo totora, 2017	42
Fotografía 26 Proceso constructivo de embarcación, Fuente: varias, Edición: González M., 2019	42
Fotografía 27 Isla flotante de los urus, Fuente: Furgo a ruta, 2016	42
Fotografía 28 Representación de Isla artificial, Fuente: Jara O., 2019	43
Fotografía 29 Construcción de la isla artificial, Fuente: desconocida, Edición: González M., 2019	43
Fotografía 30 Viviendas de totora, Fuente: varias, Edición: González M., 2019	44
Fotografía 31 Esteras de totora, Fuente: Varias, Edición: González M., 2019	45
Fotografía 32 Contaminación en el lago Titicaca, Fuente: Wikipedia, Edición: González M., 2019	46
Fotografía 33 Totora como objeto de investigación, Fuente: varias, Edición: González M., 2019	47
Fotografía 34 Trabajos con totora, Fuente: varias, Edición: González M., 2019	47
Fotografía 35 Ubicación de investigadores, Fuente: varias, Edición: González M., 2019	51
Fotografía 36 Torsión de totora, Fuente: Heredia F., Edición: González M., 2019	56
Fotografía 37 Flexibilidad de la totora, Fuente: Heredia F., Edición: González M., 2019	57
Fotografía 38 Papel de totora, Fuente: La razón, 2008	57
Fotografía 39 Lámparas con totora, Fuente: Heredia F., 2014	58
Fotografía 40 Lámparas ancestrales, Fuente: Pineda A., 2018	58
Fotografía 41 Mobiliario de totora, Fuente: Culcay A., 2014	59
Fotografía 42 Ecosistemas de agua, Fuente: Freire R., 2019	59
Fotografía 43 Totora en la arquitectura contemporánea, Fuente: varias, Edición: González M., 2019	60
Fotografía 44 Paneles para cubierta, Fuente: Hidalgo J., 2006	65
Fotografía 45 Paneles exteriores, Fuente: Hidalgo J., 2006	65
Fotografía 46 Panel tejido, Fuente: Hidalgo J., 2006	66

Fotografía 47 Panel tipo gavión, Fuente: Hidalgo J., 2006	66
Fotografía 48 Panel tipo lienzo, Fuente: Hidalgo J., 2006	66
Fotografía 49 Panel tipo bloque, Fuente: Hidalgo J., 2006	67
Fotografía 50 Muro recubierto de totora, Fuente: Centro Tierra, 2019	68
Fotografía 51 Vigüeta experimental de totora y madera, Fuente: Jara O, 2017	69
Fotografía 52 Bloque de adobe con totora, Fuente: Quezada Y., 2015	69
Fotografía 53 Tableros de totoraecopak, Fuente: Jara O., 2016	70
Fotografía 54 Panel sometido a compresión, Fuente: Ayarquispe E., 2019	71
Fotografía 55 Panel muro típico, Fuente: Ayarquispe E., 2019	71
Fotografía 56 Cubo de totora, Fuente: Lerner F., 2016	72
Fotografía 57 Urku wasi hostel, Fuente: Espinoza F., 2016	72
Fotografía 58 Pared de totora, Fuente: Ecowekk, 2014	73
Fotografía 59 Futuras aplicaciones, Fuente: Varias, Edición: González M., 2019	73
Fotografía 60 Futuras aplicaciones, Fuente: varias, Edición: González M., 2019	74
Fotografía 61 Casa de las tejas voladoras, Fuente: JAG Studio, 2018	80
Fotografía 62 Centro de formación, Fuente: Espinoza F., 2016	80
Fotografía 63 Capilla Funeraria, Fuente: González B., 2009	81
Fotografía 64 Auditorio del centro de congresos de Haute-Saintonge, Fuente: Tetrac Architectes, 2017	81
Fotografía 65 Oficinas de desarrollo de Loire- Atlántico, Fuente: Forma6, 2017	82
Fotografía 66 Escuela Alfa Omega, Fuente: Team Indonesia creative media, 2017	83
Fotografía 67 Escuela Puente, Fuente: Li Xiaodong, 2009	83
Fotografía 68 Pabellón de España, Fuente: Getty images- Feng Li, 2010	84
Fotografía 69 Pabellón de España en Dubai, Fuente: Canovas A., 2020	84

Índice de ilustraciones

Ilustración 1 Análisis de fibras, Fuente: Peña A.,2017	19
Ilustración 2 Localización de especies de Typha, Fuente: Naturalista, Edición: González M., 2019.....	23
Ilustración 3 Totorá, Fuente: Wikipedia, Edición: González M., 2019	30
Ilustración 4 Tipos de rizomas, Fuente: Técnica de Reimplante de totora, Edición: González M., 2019.....	30
Ilustración 5 Partes del tallo, Fuente: Anci, Edición: González M., 2019	30
Ilustración 6 Partes de la totora, Fuente: Wikipedia, Edición: González M., 2019	31
Ilustración 7 Línea de Tiempo, Fuente: González M., 2019	50
Ilustración 8 Nube de palabras, Editor: González M., 2019.....	51
Ilustración 9 Nodo de investigadores, Fuente: varias, Editor: González M.,2019	52
Ilustración 10 Documentos generados a nivel mundial, Fuente: Varias, Edición: González M., 2019.....	55
Ilustración 11 Propiedades de la totora, Fuente: Hidalgo J., Edición: González M., 2019	56

Glosario

Alevines: Cría de peces de agua dulce son utilizados para repoblar, generalmente comprende entre la fase larva y adulta.

Biomasa: Cantidad de materia orgánica de origen vegetal o animal.

Biodegradable: Que puede descomponerse en varios elementos químicos naturales debido a la presencia de agentes biológicos.

Contrachapados: Realizado de varias capas finas de un determinado material, sea madera, o fibras, a modo de que se encuentren entrecruzadas.

Inflorescencia: Disposición de las flores sobre las ramas, se puede presentar en una flor.

Mimbre: fibra vegetal, cuyo tronco posee muchas ramas largas, delgadas y flexibles, utilizada para realizar artesanías y mobiliarios.

Lignina: Sustancia natural que forma parte de la pared celular de muchas células vegetales, otorgando dureza y resistencia.

Paja: Tallo seco de ciertas gramíneas, como cereales, se utiliza para la construcción, como materia orgánica del suelo, o alimento para ganado

Reutilizable: Que se puede utilizar varias veces un elemento

Renovable: Recurso natural que se puede restaurar varias veces mediante procesos naturales.

Rota: fibra vegetal que pertenece a la especie de palmeras trepadoras del género *Calamus*, posee un tallo muy delgado y espinoso, se utiliza para la construcción de mobiliario, elementos arquitectónicos, instrumentos musicales de percusión.

Shoenoplectus californicus: es una planta herbácea perenne acuática, se encuentra en zonas pantanosas y esteros de América del Sur.

Salobre: posee más de sales disueltas que el agua dulce, pero menos que el agua de mar.

Sostenibilidad: Respeto al medio ambiente, al momento de realizar una proyección de un edificio, tomando en consideración la eficiencia de los materiales, procesos e impactos que tiene la obra frente a la naturaleza y la sociedad.

Vaina foliar: Parte interna de una hoja que envuelve al tallo mas o menos en gran proporción.

Vernácula: Que es propio de un lugar.



Fotografía 2 Ecosistemas de agua, Fuente: Freire R, 2018

1	Introducción	15
1.1	Planteamiento del tema	15
1.2	Objetivos	16
1.3	Aspectos Medioambientales que contiene el trabajo	16
1.4	Metodología	16
1.5	Estructura de la Investigación	16

1 Introducción

El uso de materiales no renovables que no cumplen con un ciclo de vida cerrado en la construcción ha generado un incremento en el impacto ambiental, por ende, se busca implementar materiales que se encuentren en el entorno, sean biodegradables, reutilizables, y generen una menor incidencia.

Esta aplicación la hemos visto reflejada en la arquitectura vernácula, ya que, en la antigüedad el uso de materiales tradicionales como paja, tierra, bambú, hojas de palma entre otros materiales que se encuentran en el entorno; han permitido brindar una respuesta inmediata a la necesidad social y ambiental de sus habitantes, generando a partir de dichos recursos un sistema constructivo tradicional basado en un conocimiento empírico que evoluciona tras generaciones, además permite crear espacios confortables para el desarrollo humano.

Con la Tesis se quiere demostrar la viabilidad de un material vegetal; analizar e investigar exhaustivamente las fuentes bibliográficas sobre las aplicaciones de la Totora. Debido a la existencia del recurso en la mayor parte del hemisferio norte, en zonas tropicales. El estudio que se plantea es revalorizar el material de origen biológico y su transformación cronológica, investigar el uso y aplicación que ha tenido la fibra tradicionalmente, analizar cuáles han sido los objetos de investigación a partir de la biomasa y el enfoque que ha tenido en la arquitectura contemporánea; A su vez establecer una proyección con líneas de investigación, donde se pueda emular la aplicación de otras fibras vegetales en nuevos proyectos con la implementación de la fibra vegetal totora, ejecutando diseños a diferentes escalas fuera de lo convencional, siendo asequible ya que nos permite aprovechar los materiales que existen en el entorno buscando soluciones factibles y de menor costo.

Aunque el uso de las fibras dependerá del radio de acción que se encuentre el proyecto, debido a que el transporte que se utilizar para trasladar la materia prima, causaría un incremento en la huella de carbono.

Con esta proyección se pretende cambiar la concepción que se tiene del uso de las fibras vegetales como lo es en el caso de la totora; debido a la desinformación que se posee del recurso y cuáles pueden ser sus posibles aplicaciones, como consecuencia esto ha generado que se subestime al material y se encuentre dentro de los parámetros de un material *low tech*.

1.1 Planteamiento del tema

Los usuarios que cuentan con la materia prima en el entorno, hasta la actualidad poseen un déficit de información sobre la fibra y sus posibles aplicaciones en la arquitectura contemporánea, como consecuencia negativa el recurso no es aprovechado adecuadamente para la aplicación en proyectos innovadores que permitan brindar soluciones factibles, generando el mínimo impacto ambiental a diferencia del uso de recursos tradicionales.

1.2 Objetivos

- Estudio e investigación sobre el uso de la totora como material de construcción.
- Estado del Arte: Investigación de publicaciones relacionadas con el tema: material, uso tradicional como material de construcción, estudio de caracterización del material y propiedades, usos actuales y aplicaciones en el futuro. Recopilar y registrar datos bibliográficos de las nuevas propuestas desarrolladas a partir de la fibra.
- Estudio comparado de sistemas constructivos o materiales de construcción con la totora como materia prima.
- Propuesta de futuras líneas de investigación sobre el material.

1.3 Aspectos Medioambientales que contiene el trabajo

El uso de fibras vegetales como materiales de construcción se ha usado tradicionalmente y ha sido una manera eficaz de gestionar recursos naturales y renovables. Actualmente se revalorizan los materiales de origen renovable y se considera la soberanía tecnológica como un bien para las sociedades en desarrollo, la totora puede ser un buen ejemplo de buenas prácticas medioambientales.

1.4 Metodología

El trabajo de investigación se ha realizado utilizando el método de investigación documental, de artículos, revistas, libros, páginas web, tesis; sin restricción de fecha, en los idiomas español e inglés. Se ha incluido literatura gris mediante búsqueda manual, para abarcar el estado del arte, a su vez he realizado una clasificación según el tipo de documento para generar una línea de vida, nube de palabras, creando también un esquema representativo de los nodos de investigadores, finalmente seleccione los casos de estudio a analizarse.

1.5 Estructura de la Investigación

La investigación se basa en realizar un análisis y recopilación de la información existente para la revalorización de la totora como material de construcción.

En la primera parte se realiza la introducción, planteamiento del tema, delimitación del ámbito de estudio, objetivos que se plantearon para el desarrollo de la investigación, aspectos ambientales que contiene el trabajo y metodología que se utilizará.

Luego en el estado del arte se realiza un enfoque a la fibra como material de origen vegetal en el cual se explica la composición y estructura de la fibra vegetal, enfocando la totora y su diversidad a nivel mundial, también se realiza una clasificación según la especie y localización, se indica la taxonomía, morfología, propiedades físicas, ejecución de la siembra, cultivo, cosecha, propagación, y cuidados, finalizando el apartado con el uso y aplicaciones tradicionales. Para el desarrollo de la tercera fase, se analiza la totora como objeto de investigación, en el cual se procede a generar una línea de vida reflejando todos los proyectos investigativos y ejecutados que se han proyectado desde 1947 hasta la actualidad. A su vez se generó una nube de palabras, donde se expone el término predominante en las investigaciones. De igual manera se creó un nodo de investigadores, para visualizar en donde existe mayor interés para explotar el recurso e involucrarlo en futuras aplicaciones. En la cuarta parte se proyecta la aplicación de la totora en la arquitectura contemporánea, exponiendo varios proyectos que se han realizado utilizando la fibra, desde elementos envolventes, bloques de adobe con totora, elementos para cubrir o separar. En cambio, en la quinta parte se analizan varios casos de estudio, con el fin de emular la implementación de fibras vegetales, tomando como referencia algunos proyectos expuestos en el *Fibra Award 2019*. Y finalmente se exponen las conclusiones.

2 La Totorá, como material de origen vegetal	19
2.1 Fibra vegetal	19
2.2 La Totorá	22
2.3 Localización	24
2.5 Morfología	30
2.6 Propiedades físicas	31
2.7 Siembra y cultivo	33
2.8 Cosecha	35
2.9 Propagación	35
2.10 Cuidados	35
2.11 Usos y aplicaciones tradicionales	38



Fotografía 3 Tallos de totora, Fuente: desconocido, Edición: González M. ,2019

2 La Totorá, como material de origen vegetal

2.1 Fibra vegetal

Las fibras vegetales son estructuras unidimensionales, biodegradables y renovables, en la cual su estructura externa presenta una longitud superior a su diámetro. Se clasifica en artificiales y naturales, en las artificiales se encuentran las celulósicas y no celulósicas. Pero las naturales se dividen en tres grupos: fibras de origen mineral, animal y vegetal. Realizando un enfoque a las fibras de origen vegetal, encontramos las leñosas (madera) y no leñosas, que son las materias vegetales celulósicas distintas de la madera como la paja, bambú, carrizo, yute, *kenaf*, etc. Que se diferencian por su procedencia y proporción de contenido de lignina y celulosa [1].

Las fibras vegetales se encuentran presentes en nuestro entorno a nivel mundial, y hay más de 50 especies conocidas que son utilizadas para la construcción, aunque tradicionalmente también se ha usado para satisfacer necesidades medicinales y alimenticias. En la Arquitectura vernácula, el uso de fibras ha permitido crear sistemas constructivos aprovechando los recursos del entorno como el bambú, palma, caña, corcho, hojas de plátano, paja, entre otros elementos para elaborar espacios de protección. Estas aplicaciones han sido subestimadas en el campo de la construcción, catalogándose como un material pobre, aunque actualmente se ha visto la implementación de varias fibras vegetales generando otro concepto en su funcionabilidad, estética, e incidencia con el medio ambiente.

Las fibras podrían estar encaminadas a la sustitución de materiales contaminantes y difícilmente reciclables por otros, cuya producción suponga un menor impacto ambiental, ya que son reutilizables y con un bajo costo energético. [2] en donde se requiere menos del 10 al 15% de la energía utilizada en la producción de otras fibras minerales o sintéticas, aunque uno de sus principales impactos se vea reflejado en el transporte. A su vez se genera una sostenibilidad social debido a que la manufacturación es realizada localmente, lo cual permite desarrollar un aporte económico a la población rural.

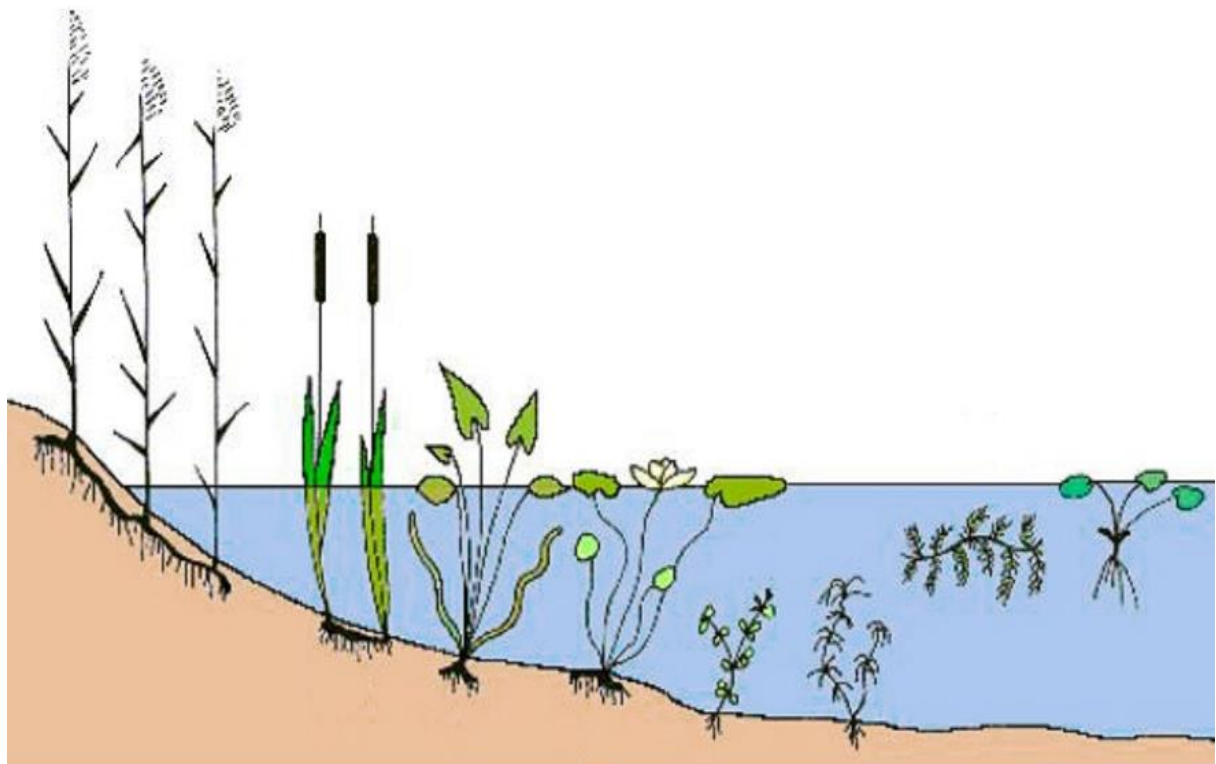
Peña A. realizó un análisis comparativo de varias fibras vegetales en la cual, podemos observar que las fibras expuestas poseen buenas propiedades térmicas y que solo el tamo de arroz es ignífugo, en cuanto a su densidad el bambú lidera la tabla debido a que posee 700 (kg/m³), es uno de los recursos con mayor explotación de carácter científico en el cual se han generado diversos productos a partir de la biomasa. Pese a los puntos analizados en la tabla, es importante mencionar que la fibra de mayor viabilidad dependerá del radio de acción que se encuentre con el proyecto. De existir varios elementos, se deberá analizar sus propiedades y prestaciones.

FIBRA	MATERIA PRIMA	LONGITUD [cm]	DIAMETRO [mm]	DENSIDAD [kg/m ³]	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA [W/mK]	OBTENCIÓN		TRATAMIENTO		PROPIEDADES	
						Fácil	Difícil	Si	No	Ignífuga	Térmica
Bambú	Árbol de bambú	2000 - 3000	220	700	0.037 - 0.050	*			*		*
Carrizo	Carrizo	200 - 600	22 - 40	160	0.038	*			*		*
Tamo de arroz	Cascarilla de Arroz	0.5 - 1.1	2	100	0.03605	*			*	*	*
Bagazo de Caña	Caña de azúcar	100 - 300	50	200	0.039	*		*			*
Totorá	<i>Schoenoplectus</i>	300 - 400	25	180	0.040 - 0.150	*			*		*
Cabuya	Agave	100 - 200	0.5	45	0.037 - 0.047	*			*		*

Ilustración 1 Análisis de fibras, Fuente: Peña A., 2017

Las plantas vasculares acuáticas crecen en humedales, lagos, ríos, espacios de agua dulce, salada o salobre. Conformada por tres grandes grupos [2].:

- **Plantas emergentes:**
Posee un gran porcentaje del cuerpo vegetativo fuera del agua, a diferencia de sus raíces, parte del tallo y hojas, se encuentran bajo el agua.
A su vez, ayudan a la protección de la fauna que inicia su proceso reproductivo, evitando que las especies mayores devoren a los alevines, también sirven para depurar y purificar el agua de los minerales contaminantes.
- **Plantas sumergidas:**
Posee flores y hojas sobre la superficie del agua, permaneciendo el tallo y raíz sumergido, muchas de estas plantas se encuentran enraizadas en la superficie.
- **Plantas libres o flotantes:**
Se encuentran reagrupadas navegando libremente, ya que sus raíces no están sujetas a la superficie.



Plantas emergentes

Plantas sumergidas

Plantas libres o flotantes

Fotografía 4 Plantas acuáticas, Fuente: Altas copas, Edición: Gonzalez M., 2019

En la plataforma de Naturalista se puede observar las plantas acuáticas como tules y juntos que se encuentran esparcidas a nivel mundial, visualizando que en América del norte existe una gran concentración en relación al resto del continente, de igual manera en Europa, Aunque en Asia, África y Oceanía existe un porcentaje menor, es importante mencionar que las proporciones varían según la especie vegetativa que se vaya analizar.

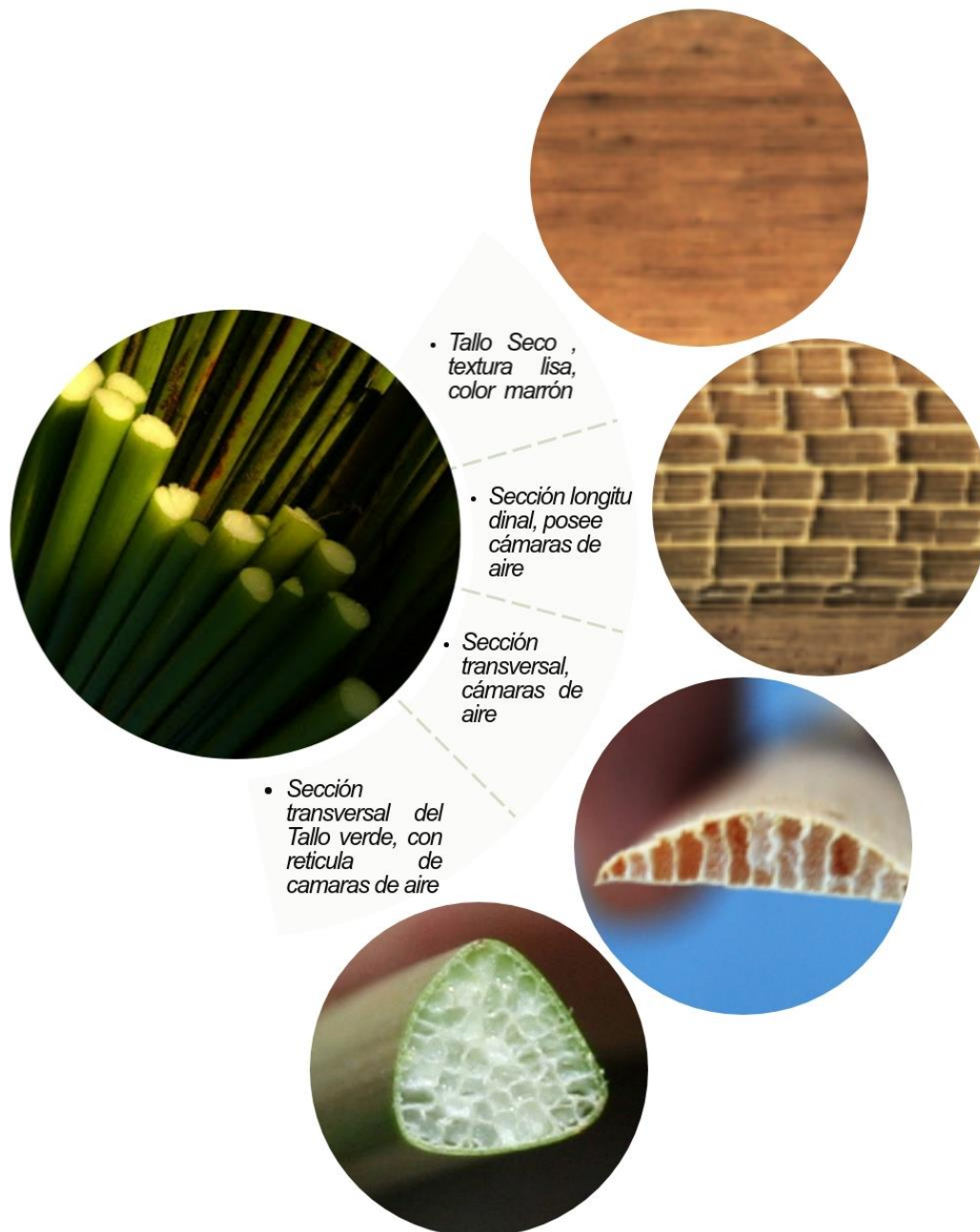
2.2	La Totorá	22
2.2.1	Tipos de especies	23
2.2.2	Género: <i>Shoenoplectus californicus</i>	24
2.2.2.1	Localización	24

2.2 La Totorá

Conocida como totora en Latinoamérica o junco en Europa, pertenece a la familia *Cyperaceae*. Siendo una fibra vegetal acuática que crece a la intemperie, soportando altas temperaturas, debido al alto contenido de humedad que posee en su interior. Cuenta con una textura externa lisa, simple y pura mientras que la interna es una superficie reticulada con cámaras de aire, y compleja.

“Sus registros de uso datan desde hace 8.000 años antes de Cristo y se intensificó a partir de los 800 años después de Cristo” [3]

Usada tradicionalmente para la fabricación de objetos ornamentales, artesanías, construcciones, entre otros, cuenta con varias especies a nivel mundial de las cuales se desarrollan en espacios húmedos, donde su crecimiento es rápido. Posee propiedades aislantes debido a su composición interna.



Fotografía 5 La totora, Fuente: varias, Edición: González M., 2019

2.2.1 Tipos de especies

Existen diversas especies a nivel mundial, de las cuales en su gran mayoría son utilizadas para la fabricación de artesanías. En la gráfica se puede visualizar los tipos de especies reconocidas y en donde se encuentran localizadas.

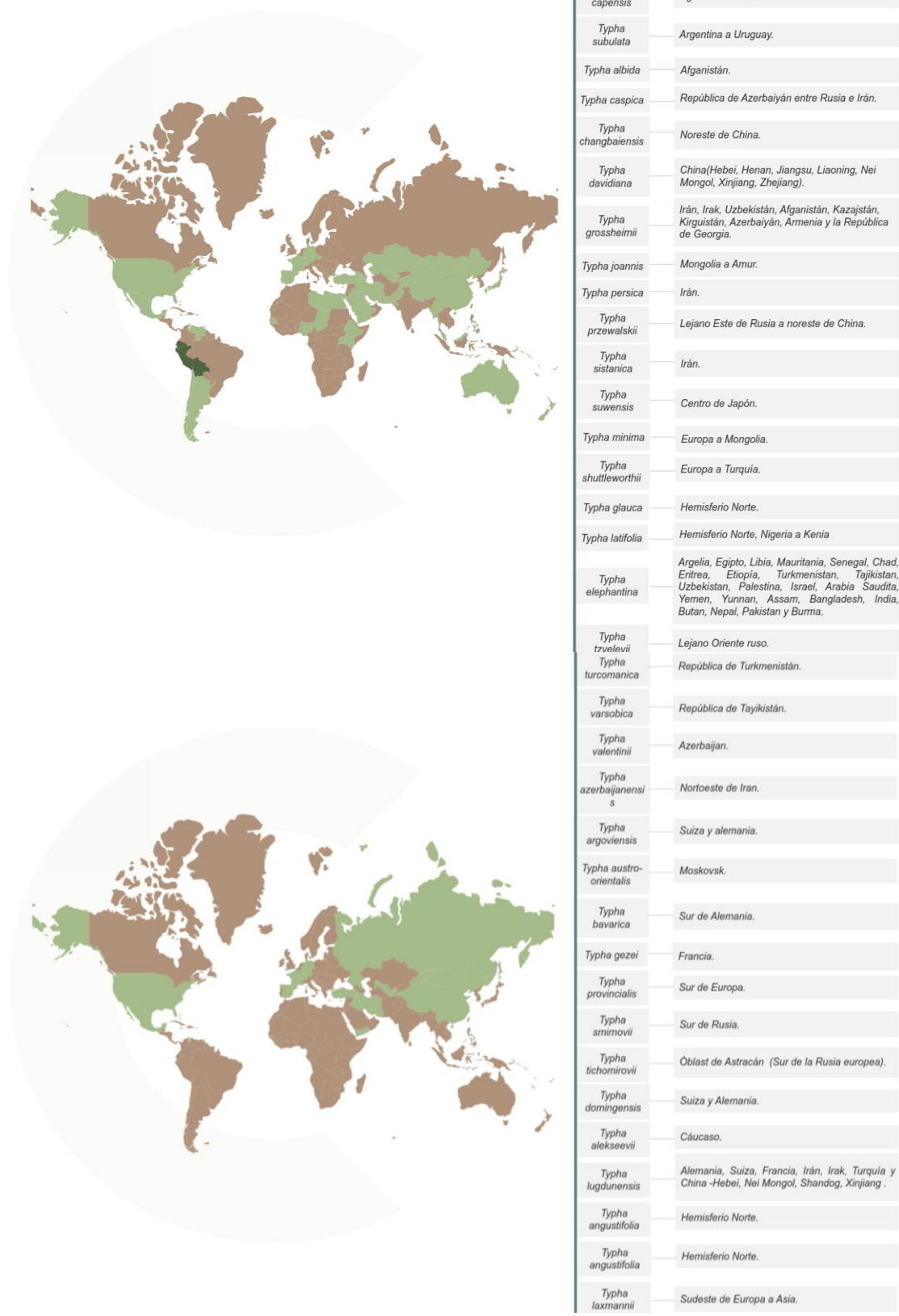


Ilustración 2 Localización de especies de Typha, Fuente: Naturalista, Edición: González M., 2019

Según la página web de Naturalista, existen 36 especies reconocidas de typha distribuidas a nivel mundial. Pero en este estudio se hará referencia al género *Shoenoplectus californicus*.

2.2.2 Género: *Shoenoplectus californicus*

Es una fibra vegetal acuática que pertenece a la familia *Cyperaceae* del orden *Cyperales*, crece en humedales, lagos, ríos, estanques de agua dulce, salada o salobre de manera silvestre o cultivada.

Composición química se encuentra dividida en 30.71% Hemicelulosa, 66.79% X Celulosa, 27.8% Lignina.[1] Su crecimiento es rápido y abundante por lo tanto su capacidad de renovación.

El junco puede alcanzar una longitud máxima de hasta 4 m de los cuales el 50% se encuentra sumergido; posee un diámetro de 2.5 a 5 cm; La estructura interna conserva tejidos tubulares esponjosos y con cámaras de aire lo que significa, un material muy liviano y con buenas propiedades térmicas y acústicas.[4]



Fotografía 6 Totoras, Fuente: Naturalista, 2018

2.2.2.1 Localización

Actualmente existe una base de datos de los cultivos de totora a nivel mundial, realizada por la Página web Naturalista; la cual permite al usuario registrar las observaciones de plantas y animales. Este recurso electrónico ha sido de mucha ayuda ya que se puede visualizar el estado de conservación de la materia prima, clasificando según el tipo de especie que se cultiva, cantidad, fotografías, porcentaje de crecimiento mensual y anual, ubicación, distribución y número de investigadores. En la página web se puede notar que existe una gran incidencia en América desde Estados Unidos hasta Chile; también encontramos la especie en España, Nigeria y Nueva Zelanda.



Fotografía 7 Localización de la totora, Fuente: Naturalista, 2019













Nativa


Lugar

- 📍 América del norte
- 📍 América del sur
- 📍 Colombia
- 📍 Islas Malvinas
- 📍 Estados Unidos
- 📍 California, US
- 📍 Texas, US
- 📍 Big Thicket National Preserve, US, TX
- 📍 Channel Islands National Park, US, CA
- 📍 Santa Monica Mountains National Recreation Area, US, CA
- 📍 Alameda County, US, CA
- 📍 Butte County, US, CA
- 📍 Contra Costa County, CA, US
- 📍 El Dorado County, US, CA
- 📍 Humboldt County, US, CA
- 📍 Imperial County, US, CA
- 📍 Inyo County, CA, US
- 📍 Kern County, US, CA
- 📍 Los Angeles County, US, CA
- 📍 Marin County, CA, US
- 📍 Mendocino County, CA, US
- 📍 Merced County, US, CA
- 📍 Monterey County, CA, US
- 📍 Napa County, US, CA
- 📍 Orange County, US, CA
- 📍 Riverside County, US, CA
- 📍 Sacramento County, CA, US
- 📍 San Benito County, US, CA
- 📍 San Bernardino County, US, CA
- 📍 San Diego County, CA, US
- 📍 San Francisco County, US, CA









Lista de origen

- [North America Check List](#)
- [South America Check List](#)
- [Colombia Check List](#)
- [Falkland Islands Check List](#)
- [United States Check List](#)
- [Cyperaceae of California, US](#)
- [Texas Check List](#)
- [Species Check List for Big Thicket National Preserve](#)
- [Species Check List for Channel Islands National Park](#)
- [Species Check List for Santa Monica Mountains National Recreation Area](#)
- [Cyperaceae of Alameda County, CA, US](#)
- [Cyperaceae of Butte County, CA, US](#)
- [Cyperaceae of Contra Costa County, CA, US](#)
- [Cyperaceae of El Dorado County, CA, US](#)
- [Cyperaceae of Humboldt County, CA, US](#)
- [Cyperaceae of Imperial County, CA, US](#)
- [Cyperaceae of Inyo County, CA, US](#)
- [Cyperaceae of Kern County, CA, US](#)
- [Cyperaceae of Los Angeles County, CA, US](#)
- [Cyperaceae of Marin County, CA, US](#)
- [Cyperaceae of Mendocino County, CA, US](#)
- [Cyperaceae of Merced County, CA, US](#)
- [Cyperaceae of Monterey County, CA, US](#)
- [Cyperaceae of Napa County, CA, US](#)
- [Orange Check List](#)
- [Cyperaceae of Riverside County, CA, US](#)
- [Cyperaceae of Sacramento County, CA, US](#)
- [San Benito Check List](#)
- [Cyperaceae of San Bernardino County, CA, US](#)
- [San Diego Check List](#)
- [San Francisco Check List](#)

 San Joaquin County, US, CA	Cyperaceae of San Joaquin County, CA, US
 San Luis Obispo County, US, CA	Cyperaceae of San Luis Obispo County, CA, US
 San Mateo County, CA, US	Cyperaceae of San Mateo County, CA, US
 Santa Barbara County, US, CA	Cyperaceae of Santa Barbara County, CA, US
 Santa Clara County, US, CA	Cyperaceae of Santa Clara County, CA, US
 Santa Cruz County, US, CA	Cyperaceae of Santa Cruz County, CA, US
 Solano County, US, CA	Cyperaceae of Solano County, CA, US
 Sonoma County, US, CA	Sonoma Check List
 Tehama County, US, CA	Cyperaceae of Tehama County, CA, US
 Ventura County, CA, US	Cyperaceae of Ventura County, CA, US



Introducida

Lugar	Lista de origen
 Nueva Zealand	National Pest Plant Accord species
 Northland, NZ	Northland Check List
 Kaipara, NO, NZ	Kaipara Check List
 Kauri Kingdom, NZ	Kauri Kingdom Check List
 NEW ZEALAND ND, NZ	NEW ZEALAND ND Check List
 New Zealand Exclusive Economic Zone, NZ	New Zealand exclusive economic zone Check List
 New Zealand Zone, NZ	New Zealand Zone Check List
 North Island, NZ	North Island Check List

Fotografía 8 Ubicación Juncos Schoenoplectus californicus, Fuente: Naturalista, 2019

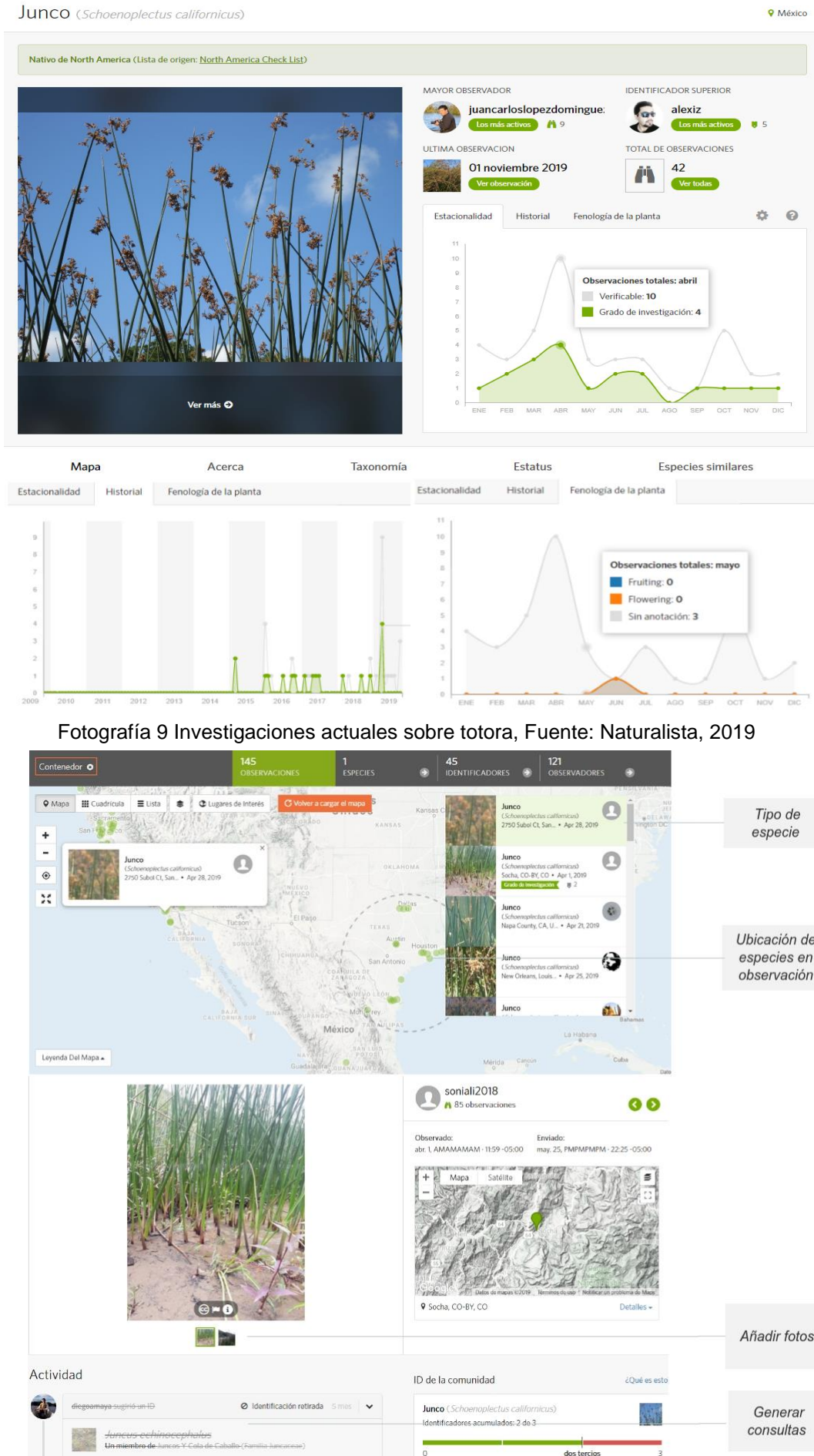
Se visualiza la información actualizada, el grado de investigación junto con el número de investigadores que se encuentran trabajando, descripción, taxonomía, se puede revisar el estatus en el que se encuentra el cultivo, asimismo existe un registro fotográfico, el cual es captado por el investigador u observadores, también genera una base de datos con las especies similares.

Aunque la plataforma solo presenta información general sobre la fibra, sería interesante visualizar cuales serían los usos y aplicaciones que se puede tener con la materia prima, de igual manera conocer si en la actualidad existen proyectos que cuenten con elementos hechos a base de la biomasa o derivados.

Otro recurso que se puede aprovechar de la plataforma, es que según la localización de las fibras vegetales se implemente la materia prima que existe en el entorno a un proyecto. A su vez se mantiene un control de crecimiento del cultivo, en la cual se pueda suministrar a la obra desde varios puntos de crecimiento.

También en la página se puede visualizar el historial de cultivo o investigaciones realizadas en un determinado periodo.

Revalorización de la Totora como material de construcción
Esther González Ramón



Fotografía 10 Cultivos de totora, Fuente: Naturalista, 2019



Fotografía 13 Partes de la totora, Fuente: varías, Edición: González M.

2.3	Morfología	30
2.3.1	Raíz	30
2.3.2	Rizoma	30
2.3.3	Tallo	30
2.3.4	Hojas	31
2.3.5	Inflorescencia	31
2.3.6	Flores	31
2.3.7	Frutos	31
2.4	Propiedades físicas	31
2.5	Siembra y cultivo	33
2.6	Cosecha	35
2.7	Propagación	35
2.8	Cuidados	35

2.3 Morfología

2.3.1 Raíz

Se originan a partir de rizoma maduro y conformado, principalmente por raíces secundarias, formando penachos delgados. [5] El diámetro de la raíz varía en torno a 1mm, aunque depende la edad de la planta. La raíz se desarrolla de manera horizontal, creciendo paralela a la superficie y anclándose a esta.

2.3.2 Rizoma

Su composición interna es de forma cilíndrica con haces “libero-leñosos” [5], posee nudos cada 2 a 6cm de los cuales brotan yemas que se convertirán en tallos. La corteza que envuelve al rizoma es de color blanco y estos se encuentran protegidos junto con las yemas por hojas de color marrón claro amarillo, proyectando un efecto visual tipo escamas. Debido a la composición interna de los rizomas, los totorales han podido mantenerse en épocas de sequía ya que les permite almacenar grandes sustancias de reservas.

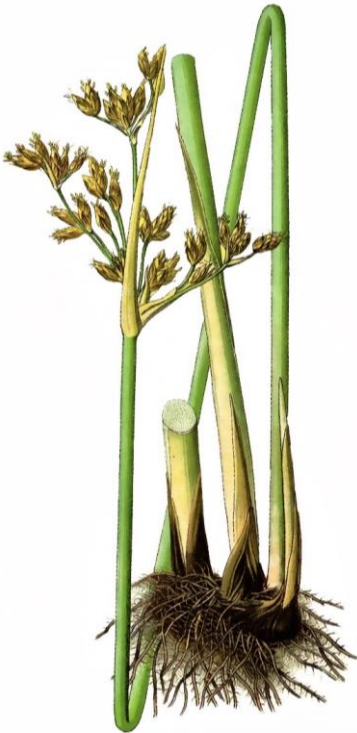


Ilustración 3 Totora, Fuente: Wikipedia, Edición: González M., 2019

Existen tres tipos de rizomas:

Tipos de Rizomas	Color	Composición	Uso
	• Blanquecina	• Tejido meristemático • Se encuentra en constante crecimiento	
	• Blanco, llamado “Sacka” o “sacca”	• Tejidos de un rizoma adulto • No acumula sustancias de reserva	• Es utilizado como alimento humano debido a sus altos niveles de yodo
	• Café marrón brillante, denominado “Saphi” o “sippi”	• Posee muchos haces libero leñosos, en círculos concéntricos con una cortina de color blanco • Acumula grandes cantidades de sustancia de reserva cuando envejece	

Ilustración 4 Tipos de rizomas, Fuente: Técnica de Reimplante de totora, Edición: González M., 2019

2.3.3 Tallo

Tallos	Estructura	
Aéreo	• Sobresale del agua.	• Color verde intenso debido a la clorofila. • Su sección va de triangular a circular, dependiendo de la edad de la fibra e impacto de los agentes atmosféricos. • Tejidos simples no diferenciados con cámaras de aire internas.
Sumergido	• Empieza en el rizoma maduro.	• Color blanquecino debido a la carencia de clorofila, ya que no inciden los rayos solares, llegando a almacenar disacáridos que le dan un sabor dulce y agradable para el consumo humano.

Ilustración 5 Partes del tallo, Fuente: Anci, Edición: González M., 2019

2.3.4 Hojas

“Están conformadas por dos sectores, las hojas que se encuentran en la parte inferior de la planta presentan vainas foliares carentes de láminas, mientras que las superiores las desarrollan ocasionalmente.” [5]

2.3.5 Inflorescencia

“Es el agregado simple y pseudo lateral de espiguillas” [1], se encuentra en la “parte alta de la planta presentando una ramificación que por un lado es arqueada, debido al desarrollo de brácteas rígidas, y por otro es erecta en la prolongación del tallo.

Las espigüelas son hermafroditas, abundantes, ovoides u oblongas. Presenta una cubierta floral espiralada, decidua, ovada, redonda en la parte posterior, con una nervadura media fuerte y una lateral conspicua u obsoleta.” [6]

2.3.6 Flores

Están compuestas entre 2 a 6 envolturas en forma de escamas y en su parte interna son hermafroditas. [1]

2.3.7 Frutos

Contiene una sola semilla con apariencia similar a una lenteja.

Son biconvexos o aplanados convexos, lisos o transversalmente rugosos, con un pericarpio no soldado a ellos. [6]

En un estudio realizado por Garcés Pabón en Ecuador, se determinó que las semillas maduras aumentan su masa entre un 20 a 40% debido a la absorción de agua, alcanzando mayor fuerza expansiva, lo cual genera un rompimiento del recubrimiento de la semilla, debido a la latencia fisiológica.

Siendo viables al estar sometidas a un proceso de escarificación, por lo que es poco probable que provengan de poblaciones híbridas sin capacidad germinativa.”[7]



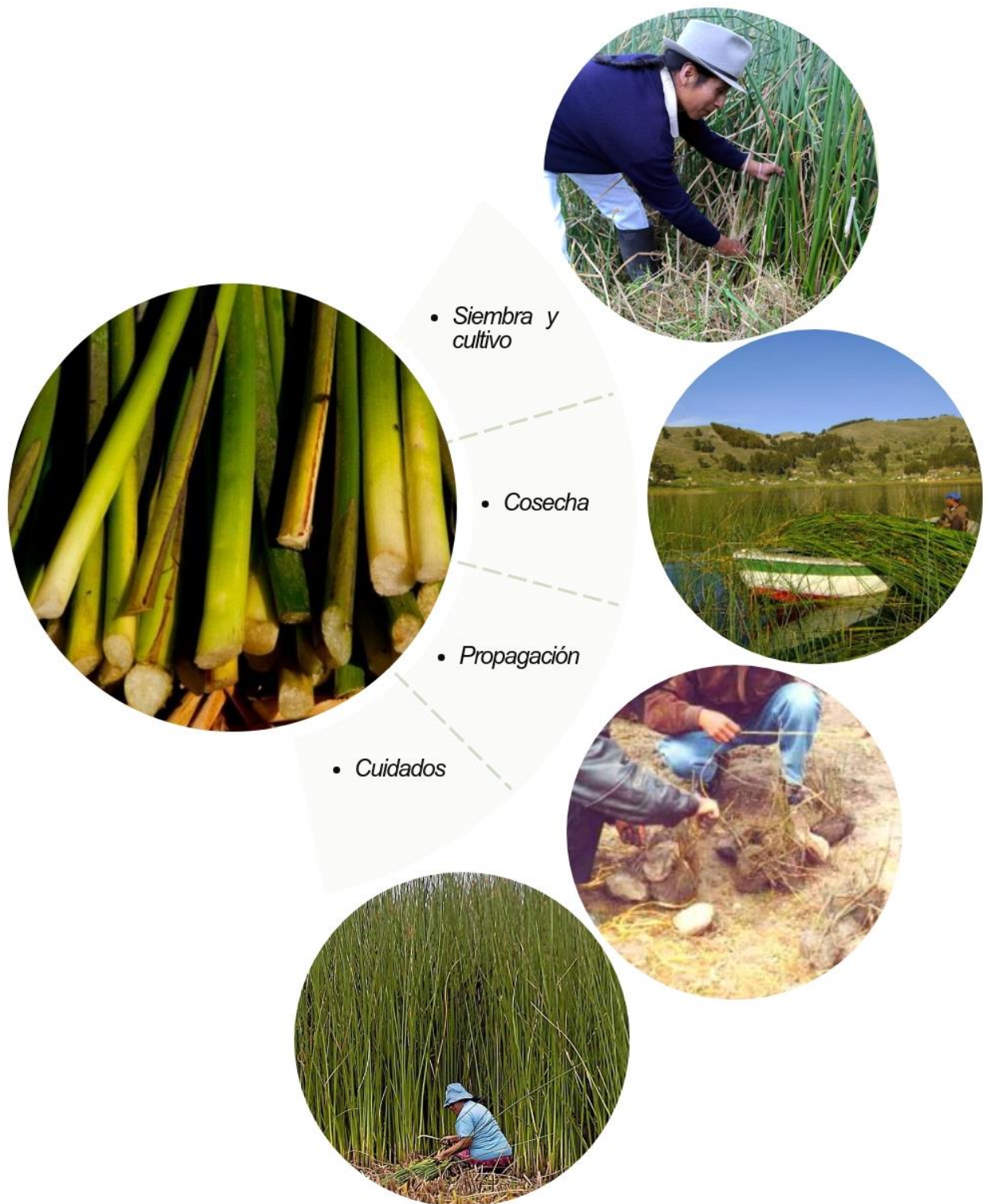
Ilustración 6 Partes de la totora,
Fuente: Wikipedia, Edición: González
M., 2019

2.4 Propiedades físicas

Se han determinado por experimentaciones empíricas las cuales, se han podido visualizar que:

- Pertenece a las plantas vasculares acuáticas
- Las hojas y tallos están compuestos por espacios intercelulares llenos de aire.
- Su estructura interna permite generar mayor estabilidad y solidez a la planta.
- Es un material liviano y maleable cuando se encuentra humedecido.

- Posee una capacidad de renovación rápida.



Fotografía 14 Fase de la Totora, Fuente: varias,
Edición: González M., 2019

2.5 Siembra y cultivo

Crece de manera esporádica en humedales, o en estanques artificiales. En América del Sur se han creado varios proyectos para reimplantes de totora en humedales abandonados o en mal estado, requiriendo un compromiso de la comunidad para mantener un estado de mantenimiento, conservación, protección del recurso y medio ambiente [6]

Para efectuar la siembra, las raíces deben estar enterradas 50 cm bajo el agua, es importante mencionar que cuando las raíces superan el nivel del agua y la producción desciende; hay que realizar un mantenimiento, cortando trozos de raíces para reubicarlos en otras. Este proceso suele realizarse de cada 4 a 8 años, dependiendo de las condiciones en las que se encuentre el cultivo. A su vez como medio de protección se suelen realizar muros de contención para evitar que el viento tumba la totora tierna y se quemen las puntas de las espigas con el aire. [5]

Existen diferentes técnicas para las plantaciones, que dependen del tipo de suelo. Primero se realiza una marcación del terreno mediante una lienza a cada 2,00m formando una cuadrícula en donde se plantan, ubicándolas en el centro.

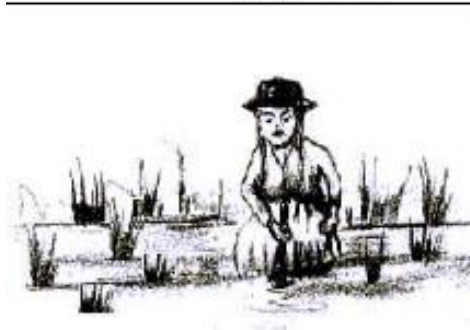
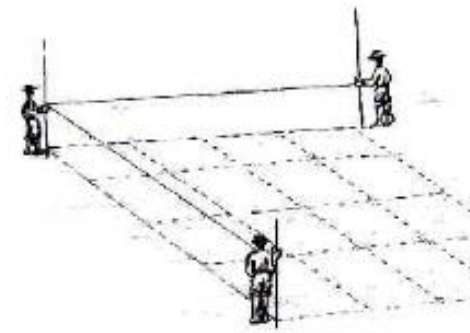
Luego se procede a realizar la preparación de las plantas simples conformadas con 2 a 5 tallos con yemas y rizomas. Se procede a trasladar desde los semilleros hasta la orilla donde se va a ejecutar la plantación. Según la técnica implementada se realiza la siembra, las cuales constan de una cuadrilla promedio de 30 trabajadores dependiendo del área.

En el gráfico se observan los tipos de técnicas que se pueden implementar para la siembra de totora. Estas técnicas dependerán del uso tradicional del sector, tipo de superficie en la cual se va a trabajar, y nivel freático.

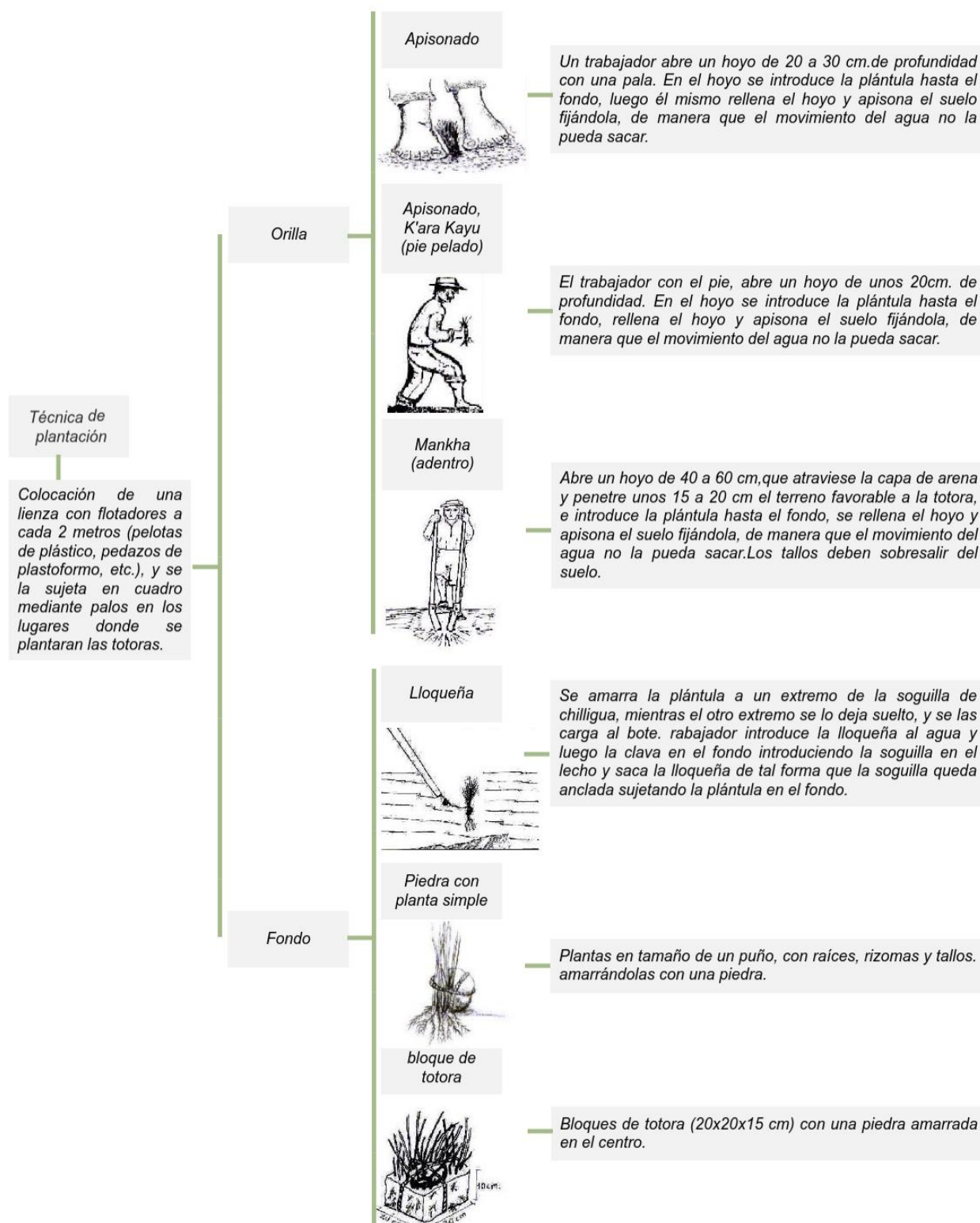
Las actividades se realizan por parejas las cuales se encargan de delimitar, marcar, extraer, transportar y sembrar. El personal entrenado puede tener un rendimiento de 1 hectárea por día. [8] Indiferentemente de la técnica que se vaya a realizar, es importante considerar que el suelo no tiene que ser arenoso, y se debe respetar la separación de las plántulas debido a que se obtiene una densidad de 2.500 plantas/ha; Además se tiene que evaluar permanentemente las plantaciones, para realizar reposiciones de las plantas perdidas.[9]



Fotografía 15 Cultivo de totora, Fuente: Naturalista, 2019



Fotografía 16 Técnicas de reimplante, Fuente: Pelt, 2001

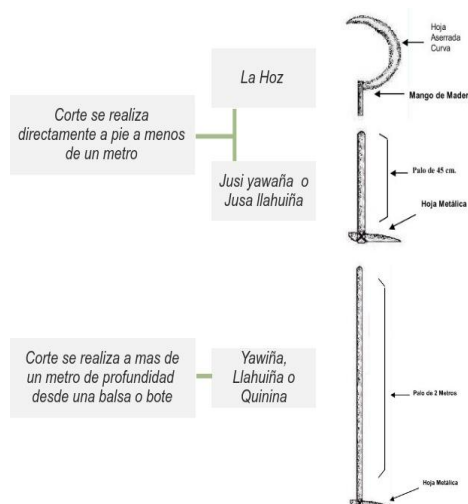


Fotografía 17 Técnicas de reimplante de totora, Fuente: Pelt, Edición: González M., 2019

Se recomienda que desde septiembre a diciembre se pueden realizar los reimplantes de totora debido al bajo nivel freático que presenta la superficie. Siendo la técnica más viable según la experiencia de la gente local, la técnica del apisonado debido a que la plántula se encuentra en condiciones óptimas con un porcentaje alto de prendimiento, no existen pérdidas de materia prima a causa de la subida del nivel del agua, permitiendo tener un mayor control de las plantaciones. A su vez, estas se pueden ver afectadas por la inadecuada limpieza de los totorales debido al enraizamiento.

2.6 Cosecha

Se realiza dos veces al año; inicia cortando el tallo mínimo 0.20m sobre el nivel del agua para evitar putrefacción en su estructura interna; Cabe mencionar que en invierno se realiza el corte de la totora “macho” y empieza el crecimiento de la totora “hembra” en el mes de octubre hasta inicios de enero, ahí se inicia el corte hasta abril, ambos cortes se realizan de la misma manera. [6] Una vez realizado el corte de la fibra se procede a llevar a la orilla del lago, extendiéndola durante dos semanas aproximadamente en una superficie plana para que filtre toda el agua que contiene en su interior lo cual se puede verificar en el cambio de tonalidad de verde a amarillo. Luego se recolecta toda la materia prima realizando pilas de totora y se procede a la preselección según el uso que se le vaya asignar.



Fotografía 18 Herramientas para la cosecha de totora, Fuente: Pelt, Edición: González M., 2019

2.7 Propagación

Existen dos tipos de propagación, la natural y la artificial.

Natural: Es sexual mediante semilla botánica, y asexual mediante el desarrollo de sus rizomas que se extienden horizontalmente bajo el suelo, pero se distinguen por poseer yemas a cada cierta distancia, en la parte superior es donde se origina los tallos aéreos, y en la inferior dan origen a las raíces acuáticas.[10]

Artificial: se realiza por medio de Biotecnología, la cual consiste en obtener las muestras de totoras seleccionadas y desinfectadas; permitiendo establecer una etapa de cultivo para el desarrollo de meristemas y con ayuda de compuestos orgánicos regular su crecimiento. Luego se procede a pasarlos a un invernadero cuando estos tengan mínimo 10 cm, preparándolos para su futura exposición al exterior. [5]

2.8 Cuidados

- Es una de las fibras vegetales más resistentes a altas temperaturas y menos exigentes en su cuidado. Pueden estar expuestas en cultivos artificiales a una semisombra.
- Requieren un mantenimiento esporádico para el control de maleza.
- Solo puede cultivarse máximo hasta tres veces al año, si no se tiene un control establecido ni se realizan nuevas plantaciones, se podría causar una disminución o desaparición del cultivo.
- Evitar el ingreso del ganado, debido a que destruyen sus raíces impidiendo su propagación.
- No realizar el corte de la totora a menos de 50 cm del nivel del agua, para evitar la pudrición interna del tallo debido al ingreso del agua.
- No quemar el cultivo, debido a que pierden su palatabilidad para el ganado viéndose reflejado en la baja producción de leche de las vacas, a su vez la flora y fauna se ve afectada ya que al no existir totorales los alevines no pueden desarrollarse por ende disminuye la pesca, afectando el ingreso económico de los pueblos, causando emigraciones. En caso de tener un exceso de materia prima, se puede utilizar como abono para los cultivos, o realizar asociaciones con comunidades para generar nuevos productos innovadores que sean competitivos con el sistema de comercio exterior.



Fotografía 19 Usos y aplicaciones tradicionales de la totora, Fuente: varias, Edición: González M., 2019

2.9	Usos y aplicaciones tradicionales	38
2.9.1	Alimenticios	38
2.9.2	Medicinal	38
2.9.3	Agricultura	38
2.9.4	Medio Ambiente	38
2.9.5	Artesanal	39
2.9.5.1	Tipos de Tejidos	40
2.9.6	Medio de transporte: embarcaciones	41
2.9.6.1	Proceso de Construcción	41
2.9.7	Arquitectura	42
2.9.7.1	Isla flotante de los urus	42
2.9.7.2	Viviendas	44
2.9.7.3	Esteras de totora	45
2.9.8	Problema de gestión	46
		37

2.9 Usos y aplicaciones tradicionales

Ha sido utilizada durante generaciones, “sus registros datan desde los 8000 años antes de Cristo y se intensificaron a partir de los 800 años después de Cristo.”[4]

2.9.1 Alimenticios

Los brotes tiernos pueden ser consumidos como vegetal debido a su riqueza en yodo, además sirve de alimento para los animales en época seca ya que su tallo contiene un líquido refrescante y dulce con un alto nivel de proteínas. En este caso se podrá realizar la cosecha tres veces al año, para abastecer según la demanda alimenticia. [11].



2.9.2 Medicinal

En el área medicinal funciona como digestivo, ayudando a disminuir los dolores estomacales, controlar la fiebre, calmar el dolor de cabeza y evitar el estreñimiento. Los ancestros utilizaban las cenizas de la totora como cicatrizante y para aliviar quemaduras.



2.9.3 Agricultura

La totora que no puede ser utilizada para la fabricación de algún elemento o para consumo alimenticio, se puede aplicar en el campo de la agricultura como abono en la fertilización de los suelos, en la cual se procede a cortar en pequeñas dimensiones la totora seca para depositarlas en la superficie. [11]



2.9.4 Medio Ambiente

Una de las características fundamentales de la fibra es la capacidad de absorción de los minerales e impurezas que se encuentran en el agua contaminada generando una purificación. [12] Aunque el tratamiento presenta beneficios, estas fibras no son recomendadas para el uso de forraje debido a la acumulación de contaminantes en sus tejidos internos. La totora tiene una capacidad de 73.70 t para captar CO₂. [13] “Remoción de nitrógeno 22 a 23 %, PO₄= 30%; P=20%, Coliformes y bacterias= 99.9%” [14]



Fotografía 20 Aplicaciones de la totora, Fuente: Varias, Edición: González M., 2019

También sirve de protección para muchas especies en especial a los alevines, debido a que les permite refugiarse entre los tallos evitando que sean devorados por las especies de mayor tamaño. En cuanto a las aves, los tallos de la totora sirven de soporte para que puedan construir sus nidos, permitiéndoles protegerse y reproducirse. [5]

En el caso del suelo ubicado a las orillas, la typha sirve como barrera para evitar que las olas del lago causen erosión en la tierra, la misma que será utilizada para ejecutar la siembra de otros productos. [15]

2.9.5 Artesanal

Por generaciones el uso de las fibras naturales se ha visto reflejado en el desarrollo económico de los pequeños pueblos, que han buscado la manera de sobrevivir y adquirir nuevos productos para su consumo alimenticio. Es importante mencionar que estas habilidades han sido parte de su cultura y tradición, permitiéndoles desarrollar su creatividad y expresándola por medio de artesanías.

La creación de artesanías ha sido generada por medio de investigaciones empíricas las cuales les ha permitido conocer el comportamiento y propiedades físicas de la fibra.

Esta actividad generalmente es desarrollada por el núcleo familiar en el cual el género masculino se encarga de recolectar y suministrar la materia prima al género femenino. Luego se encargan de elaborar los diversos elementos decorativos, pese a que la estructura externa de la fibra en estado seco es rígida, esta al ser humedecida se vuelve maleable, permitiendo realizar diferentes objetos, entre los más representativos y con mayor demanda se encuentran las esteras, canastos, sombreros, muebles, entre otros productos.

Finalmente pasa al proceso de comercialización desarrollándose en los ejes principales cercanos a la comunidad, aunque también se realiza la venta en las ciudades que se encuentran a las periferias, esta actividad tiene alta demanda para la afluencia turística. [3]



Fotografía 21 Tejidos de Totora,
Fuente: Oscar Jara, Edición: González
M., 2019

En Ecuador existe la Empresa comunitaria “Totora Sisa”, la misma que fue creada por indígenas artesanos; siendo una de las más representativas para la realización de trabajos a base de totora. Esta comunidad permite unificar los trabajos de varios artesanos de la parroquia San Rafael de la Laguna en Otavalo.

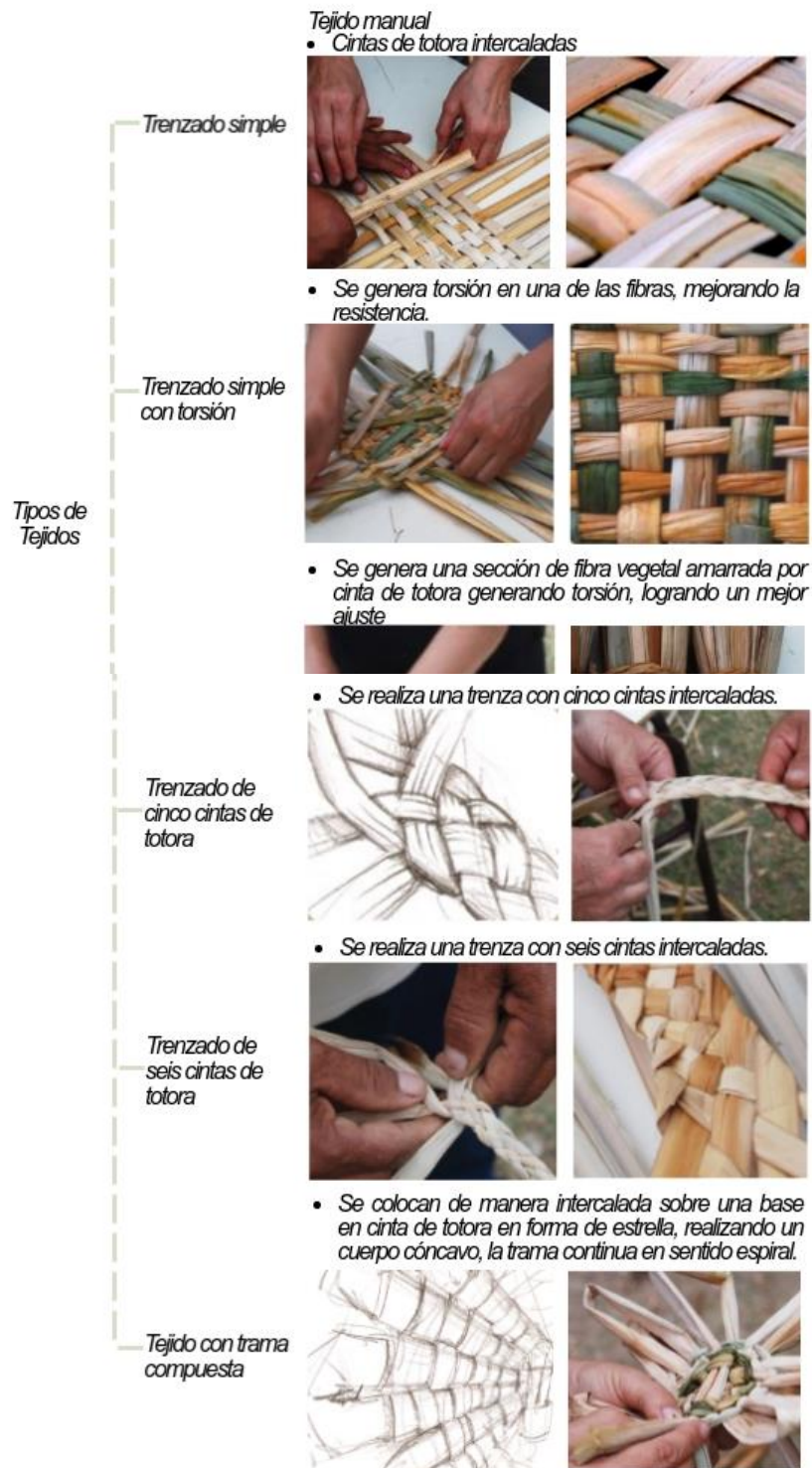
Ellos ofrecen una diversidad de productos, en los más destacados encontramos mobiliarios según la necesidad del cliente, aunque debido a la confección manual, estos diseños pueden ser personalizadas generando piezas exclusivas.

En los objetos y mobiliarios se puede encontrar la aplicación de materiales mixtos, para generar una mayor resistencia, debido a que la totora no puede ser aplicada como un elemento estructural, sino como una envolvente decorativa, el uso de estructuras de madera, hierro entre otros se encuentran plasmados en el interior de cada diseño, además la totora puede ser expuesta en su tono natural o con la aplicación de pigmentos y lacas para tener una mayor diversidad visual, de texturas, formas, y protección para su exposición a la intemperie.

Cabe mencionar que Hidalgo en su propuesta de TFM realizó algunas pruebas en las cuales analizaba la resistencia y durabilidad de los revestimientos y barnices para la totora, indicando que el mejor resultado fue la aplicación de barniz marítimo, debido a que tenía un menor desprendimiento del revestimiento a diferencia de los otros barnices (lacas, e inmunizantes). [4]

Existen diversos tipos de tejidos, los cuales son realizados manualmente y dependen de la creatividad del artesano, siendo los más representativos:

2.9.5.1 Tipos de Tejidos



Fotografía 22 Tipo de tejidos, Fuentes: Hidalgo J.
Edición: González M, 2019

2.9.6 Medio de transporte: embarcaciones

Han sido utilizadas aproximadamente 3000 años antes del presente.

Actualmente no se tiene referencias arqueológicas de su origen, pero uno de los indicios más representativos puede encontrarse en el lago Titicaca ubicado entre Perú y Bolivia a unos 3810 msnm. Siendo el lago navegable más alto del mundo con una temperatura promedio de 13°C, posee 12 variedades de plantas acuáticas de las cuales podemos resaltar la totora. La misma que ha sido utilizada por los habitantes para la elaboración de embarcaciones conocidas como caballos de totora. Estas balsas son utilizadas para el desplazamiento de turistas, habitantes, y ejecución de la pesca artesanal. [16]

Estas embarcaciones se pueden clasificar según su dimensionamiento:

Las balsas grandes pueden tener una longitud de 10 a 20 metros utilizadas para el transporte de turistas con una capacidad de carga de 20 a 30 personas. Cabe mencionar que el proceso de elaboración es más minucioso, debido a que se representa la cultura y tradición de los pueblos, logrando convertirse en un icono referencial a nivel mundial.



Fotografía 23 Cosecha de totora,
Fuentes: varias, Edición: González M.,
2019

Las medianas son utilizadas para la pesca artesanal, transporte de bultos pequeños y caza; poseen una longitud de 4.00m y 0.80m de ancho. Pero embarcaciones pequeñas tienen una longitud inferior a 4.00m y son utilizadas en zonas costaneras al lago como transporte y pesca.

Los caballos de totora que son utilizadas con mayor frecuencia y están expuestas sin ninguna protección son para la pesca artesanal, cuentan con un tiempo de vida útil de un mes con un promedio de 12 salidas por semana, conservando una óptima capacidad de carga y maniobrabilidad debido al contacto reiterado con el agua salada causa que la capa externa se debilite permitiendo el ingreso del agua a los conductos internos. Por esta razón muchas de las embarcaciones son desarmadas y colocadas al sol para evaporar el exceso de humedad.[17]

2.9.6.1 Proceso de Construcción

Inicia seleccionando las fibras vegetales de acuerdo a la longitud, forma y grado de madurez. Luego se ponen a secar por un lapso de 15 días. Se traslada la materia prima al lugar de elaboración que puede ser la playa, patios delanteros de las viviendas o en las calles, teniendo como punto referencial el lago para facilitar el traslado de la embarcación. En la elaboración se utiliza (sierra o cuchillo, cuñas de madera y fibra de cabuya).



Fotografía 24 Construcción de caballo
de totora, Fuente: Mundo totora, 2017

Este trabajo se realiza en tres partes:

Se ejecuta la unión de las fibras amarrando y orientando las puntas al norte y bases al sur. En su interior se coloca poliestireno expandido lo que permite aligerar el peso de la estructura, este material es moldeado previamente ya que ayuda a generar la forma de la balsa. Finalmente se presiona toda la estructura para evitar filtraciones internas de agua y se tensan las puntas con ayuda de una cuerda y se cortan los sobrantes de fibra en los extremos, dependiendo del tipo de embarcación se aplica una pintura con colores llamativos y característicos del lugar. [11]



Fotografía 25 Traslado de embarcación, Fuente: Mundo totora, 2017

En la elaboración interviene una o más personas dependiendo de la dimensión, aunque para el traslado se requiere de más personas, debido a su peso.



Fotografía 26 Proceso constructivo de embarcación, Fuente: varias, Edición: González M., 2019

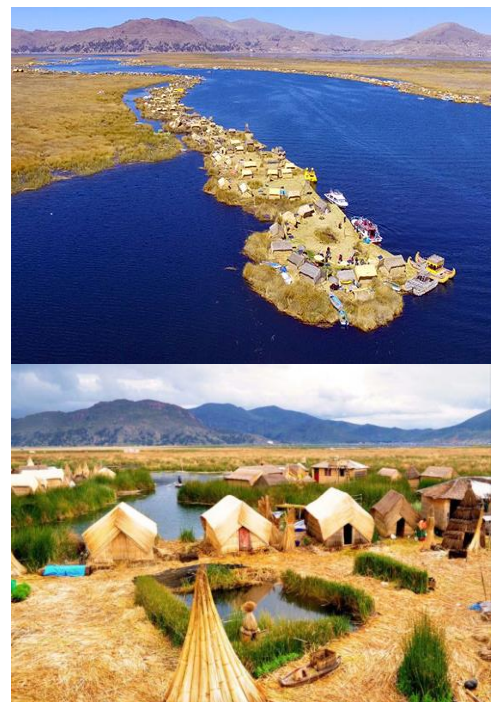
2.9.7 Arquitectura

2.9.7.1 Isla flotante de los urus

Su aplicación en la Arquitectura se ve reflejada en la construcción de las Islas flotantes de los Urus ubicadas en el Lago Titicaca. La causa de su origen surgió debido a que el pueblo necesitaba escapar de la conquista Inca, ya que ellos no querían ser sometidos al dominio. Abandonaron las tierras firmes desplazándose hacia el lago buscando la manera de crear asentamientos en las islas naturales.

Al notar que podían subsistir gracias a la pesca artesanal, fueron creando construcciones a partir de la materia prima y experimentando su comportamiento, generando nuevas islas artificiales. [4]

Actualmente se conservan los asentamientos en las islas y se ha generado una población nativa, la misma que ha podido subsistir gracias a la cacería de peces y aves, venta de artesanías y turismo. Aunque las nuevas generaciones migran hacia las ciudades periféricas con mayor desarrollo para



Fotografía 27 Isla flotante de los urus, Fuente: Furgu a ruta, 2016

adquirir una formación educativa, debido a que la isla solo posee una escuela primaria.

Existen 70 islas flotantes divididas en dos sectores, Urus Chulluni e islas flotantes. En donde las islas flotantes se subdividen en dos grupos: las superficies naturales y artificiales. Las Islas artificiales son construidas en épocas de lluvia debido al aumento del agua lo que permite que las raíces se desprendan del suelo para su flotabilidad.

Está compuesta por dos capas, la subcapa se encuentra sumergida en su totalidad en el agua y está conformada por bloques de totora con dimensiones variables y un espesor aproximado de 1.00m, a su vez estos bloques se encuentran amarrados entre sí con cuerdas realizadas a base de la fibra, para crear una superficie uniforme en donde estarán asentadas las viviendas.

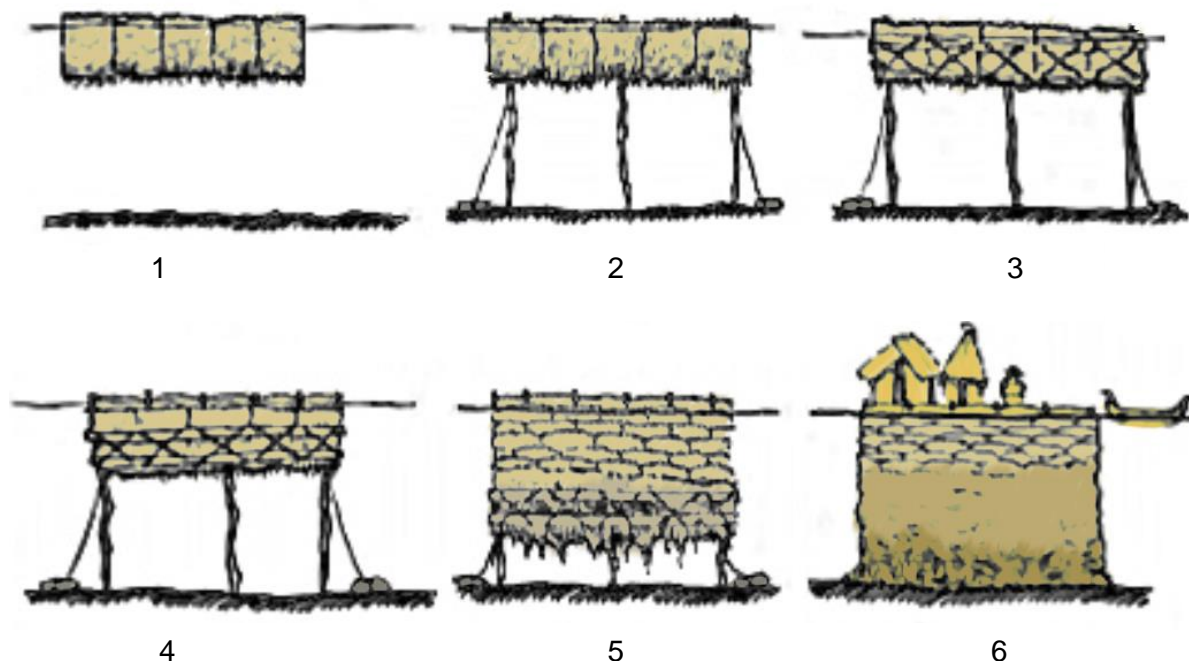


Fotografía 28 Representación de Isla artificial, Fuente: Jara O., 2019

La capa principal se encuentra sobre la subcapa y esta posee el 90 % de su cuerpo fuera del agua, posee un espesor de 0.80m y está conformada por tallos dispuestos en direcciones contrarias y entrelazados, para formar una superficie seca en la cual se puedan colocar las viviendas. A esta capa se le realiza una renovación cada dos meses debido a la descomposición que sufre al estar expuesta a las constantes variaciones climáticas.

Es importante mencionar que todas las islas se encuentran ancladas para evitar desplazamientos y choques entre sí, por las corrientes del lago.

Generalmente los anclajes pueden ser con piedras amarrados a la base principal o a la raíz. La construcción de una isla puede durar entre 3 a 8 meses dependiendo del tamaño.[5]



Fotografía 29 Construcción de la isla artificial, Fuente: desconocida, Edición: González M., 2019

2.9.7.2 Viviendas

Sobre las islas existen construcciones de viviendas mixtas con un nivel de confort alto debido a las propiedades térmicas que posee la fibra. Este tipo de arquitectura vernácula ha sido un símbolo de supervivencia por más de 500 años. Las construcciones cuentan con capacidad máxima para cinco miembros de una familia. La vivienda tiene una superficie de 18 m² (6x 3m), y está compuesta por una estructura de madera que proviene de la ciudad de Puno o de sectores perimetrales al lago.

En paredes y cubierta pueden existir dos tipos de tejidos para las esteras; el primero consiste en envolver los tallos con una cuerda uniéndolos entre sí, a diferencia del segundo que atraviesa el tallo debilitando la fibra y generando un punto débil para posibles filtraciones de humedad, causando putrefacción en el mismo. Para la construcción de las esteras dentro de la Isla, los artesanos utilizan una tela o plástico para separar la superficie del suelo con la del material evitando que se mezclen. Estos paneles tienen una longitud de 9.00m con un ancho 2.40m y un espesor de 0.03 a 0.05m debido a la variación del tallo.

El tiempo que se emplea para confeccionar las esteras va entre tres a cuatro días, dependiendo de la experiencia. Realizan la instalación de las esteras con ayuda de sogas y clavándolas hacia la estructura de madera, pero en el caso de la cubierta se colocan tres capas de esteras las cuales son sujetadas hacia las paredes para evitar el desplazamiento producido por las fuertes brisas, garantizando la impermeabilización ya que estos elementos no cuentan con ningún tratamiento y están expuestos a los agentes atmosféricos produciendo un deterioro en la primera capa en el transcurso de dos a cuatro años.

Actualmente las nuevas construcciones se realizan sobre una superficie entre 0.60 a 0.80 m sobre la base de la isla para evitar que estas sean levantadas al momento de realizar las renovaciones de capas.

Cuando la base de la vivienda alcanza el nivel de la superficie de la isla, los habitantes proceden a levantarla con ayuda de estacas para crear la nueva superficie que separe la vivienda del piso, evitando la putrefacción de las paredes

El tiempo de vida útil de una vivienda es 20 a 30 años según su mantenimiento. [4]

En los Uros existen dos tipos de viviendas las cuales se diferencian por la estructura y tejido, las mencionadas anteriormente, son utilizadas por los nativos mientras que las otras son destinadas para el hospedaje de turistas. Estas cabañas tienen la forma de una pirámide con una base cuadrada de 2.40m en cada arista y sus paredes están conformadas por varias capas de totora amarradas directamente a la estructura con una cuerda.

En este caso los tallos poseen una longitud de 0.40m y se van colocando desde la base inferior hacia la superior con un traslape de 0.15m entre ellas para evitar el ingreso de agua.



Fotografía 30 Viviendas de totora,
Fuente: varias, Edición: González M.,
2019

Este tipo de construcción genera inconvenientes al momento de reemplazar una sección dañada, ya que los tallos se encuentran atados directamente a la estructura.

2.9.7.3 Esteras de totora

Son totoras dispuestas de manera vertical u horizontal unidas con fibra sintética, su confección es manual. Estos elementos pueden ser de diferentes formatos y son utilizados como un elemento de separación entre dos espacios o como cielo raso, ya que cuentan con una estructura perimetral de madera o bambú que permite darle estabilidad al panel. A su vez las estereras tradicionalmente eran colocadas en la superficie inferior de las camas, debido a sus propiedades térmicas que permitían mantener un confort en la superficie de descanso. También es utilizado como alfombra, cerramientos, persianas o elementos decorativos.

En América del sur este trabajo es realizado por mujeres artesanas donde el proceso inicia con la recolección de materia prima, selección de los tallos gruesos, retiro de maleza y limpieza. Para confeccionar las estereras es necesario que la fibra haya sido humedecida por un lapso de 20 segundos, después se coloca en posición horizontal para que el material absorba la humedad y se ablande, evitando el quiebre al momento de realizar los tejidos. [4]

Una vez colocados los tallos en el suelo de manera vertical y en la parte superior la regla que servirá de guía para el tejido. Ella se coloca sobre la totora aplastándola con sus pies para que los tallos se esparzan y queden de un mismo largo, luego se arrodilla sobre el material y empieza a tejer; a medida que van realizando el traslape entre fibras aplastan el tejido con ayuda de una piedra para generar una mejor compactación y resistencia, liberan el exceso de volumen que adquieren al ser humedecidas evitando que al secarse el tejido no ceda.

La confección es realizada en sus viviendas ya que en su gran mayoría son comerciantes informales. Pueden confeccionar al día entre 3 a 4 estereras con un formato de (180x130x2cm).

Cabe mencionar que actualmente existen tejidos mecanizados, realizados por un equipo artesanal para aumentar la producción y confección de estereras utilizadas en cerramientos. Este sistema produce estereras tejidas con hilo y tallos colocados paralelamente, es decir en esta fabricación no se generan tejidos entre fibras.

Una vez confeccionada, se procede a cortar los bordes cuidadosamente, este sistema no tiene una restricción longitudinal por ende se pueden confeccionar los metros dispuestos.



Fotografía 31 Esteras de totora,
Fuente: Varias, Edición: González M.,
2019

Finalmente, las esteras se enrollan, almacenan y se comercializan.

2.9.8 Problema de gestión

Pese a la gran cantidad de fibras vegetales que posee Ecuador y Perú en sus lagos, estos solo aprovechan el 20% de la materia prima debido a la falta de preservación y conservación de la totora, causado por la escasa demanda de productos como esteras, artesanías, y mobiliarios. A su vez, la desinformación de las propiedades y características de la fibra vegetal ha causado que solo se generen productos tradicionales, sin ejecutar una innovación para la ampliación del mercado como se lo podría proyectar, aprovechando el recurso en el campo de la arquitectura; Esto evitaría el desperdicio de la materia prima, ya que el 80% de las plantaciones de totora son quemados por los habitantes de las periferias, en su gran mayoría no se tiene un control para evitar el daño que causa esta acción en la flora y fauna.

El lago Titicaca ubicado entre Perú y Bolivia, donde existe el mayor porcentaje de plantaciones de totora, se enfrenta a la severa contaminación causada por el hombre debido a los desechos domésticos y residuos generados por la minería y los sectores periféricos. Lo cual está causando la pérdida de flora y fauna que existe en el lago e incluso se está exponiendo a las personas que habitan las islas flotantes ya que su fuente de alimentación como peces y aves se ve afectada; si no se crea un control para evitar que la contaminación en el lago, a futuro se podría estar perdiendo el recurso, forzando el desplazamiento de sus habitantes a sectores aledaños, causando una pérdida ambiental y económica a ambos países, ya que el lago es uno de los principales destinos turísticos en América del Sur.



Fotografía 32 Contaminación en el lago Titicaca, Fuente: Wikipedia, Edición: González M., 2019



Fotografía 34 Trabajos con totora, Fuente: varias, Edición: González M., 2019

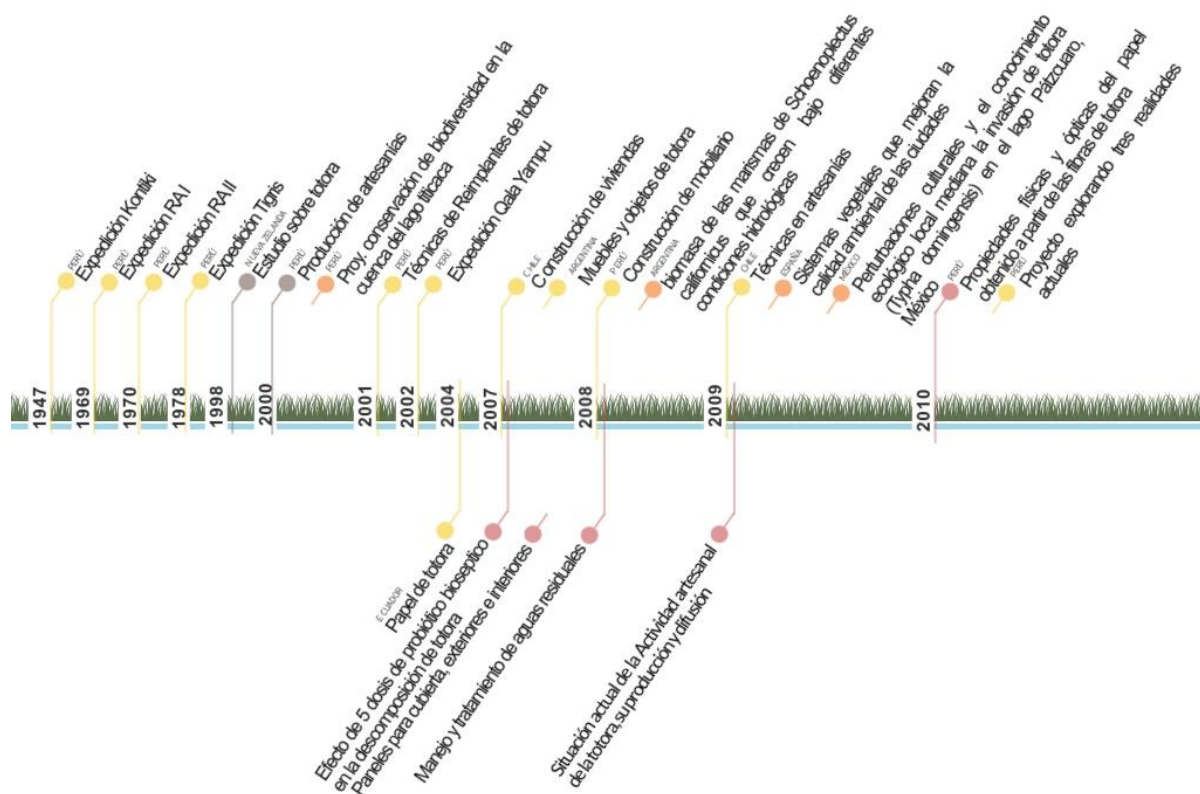
3	La Totorá, objeto de investigación	49
3.1	Artesanal	55
3.1.1	Propiedades físicas de la totora	55
3.1.2	Ensayo de propiedades de la Totorá	56
3.1.3	Elaboración de papel	57
3.1.4	Lámparas con totora	58
3.1.5	Lámparas elaboradas con tres técnicas ancestrales	58
3.1.6	Mobiliario con fibras de totora	59
3.1.7	Arte con la fibra vegetal	59

3 La Totora, objeto de investigación

En base a la información sobre las investigaciones realizadas a partir de la biomasa se realizó una línea de tiempo, en la cual se procedió a recopilar información por medio de buscadores académicos, páginas web, publicaciones, artículos científicos, revistas, uso de palabras claves, entre otras fuentes. Permitiendo recopilar la mayor cantidad de información que pueda aportar al desarrollo del tema, en el cual se procedió a depurar las investigaciones realizando una clasificación según el tipo de documento sea un artículo científico, de revista, tesis, páginas web, y publicaciones; Estas se ordenaron cronológicamente colocando en la parte inferior las investigaciones o proyectos realizados en el Ecuador para tener una referencia de la cantidad de investigación e interés que ha tenido la fibra vegetal en el país, en la cual se observa que desde el 2004 se han venido ejecutando proyectos hasta la actualidad.

Así mismo, se observa que desde 1947 se han ejecutado varias investigaciones internacionales a raíz de los asentamientos producidos en las islas artificiales en el lago Titicaca y a las embarcaciones que se usaban para trasladarse internamente, el cual despertó un interés debido al aprovechamiento de la fibra y sus diversos usos tradicionales. Inicialmente se empezó a replicar proyectos de embarcaciones a gran escala para expediciones internacionales. Pero a partir de 1998 en Nueva Zelanda se realiza un estudio en la cual se puede analizar y determinar las propiedades térmicas y acústicas que tiene la totora, creando nuevas líneas de investigación.

Pese a que se han generado investigaciones para el aprovechamiento del recurso, observamos que desde el 2000 al 2007 se mantiene la creación de artesanías, mobiliario, viviendas y embarcaciones a causa de la demanda del producto y supervivencia de los pueblos ya que su única fuente de ingresos económicos se debe a su comercialización. Considero que la etapa de mayor auge inicia en el 2008 debido al interés que causa el uso de la fibra para la creación de materiales innovadores que permitan aprovechar las características del material, siendo un recurso renovable, biodegradable y con una mínima incidencia ambiental. Generando una proyección del recurso, para ser implementado en el campo de la arquitectura.



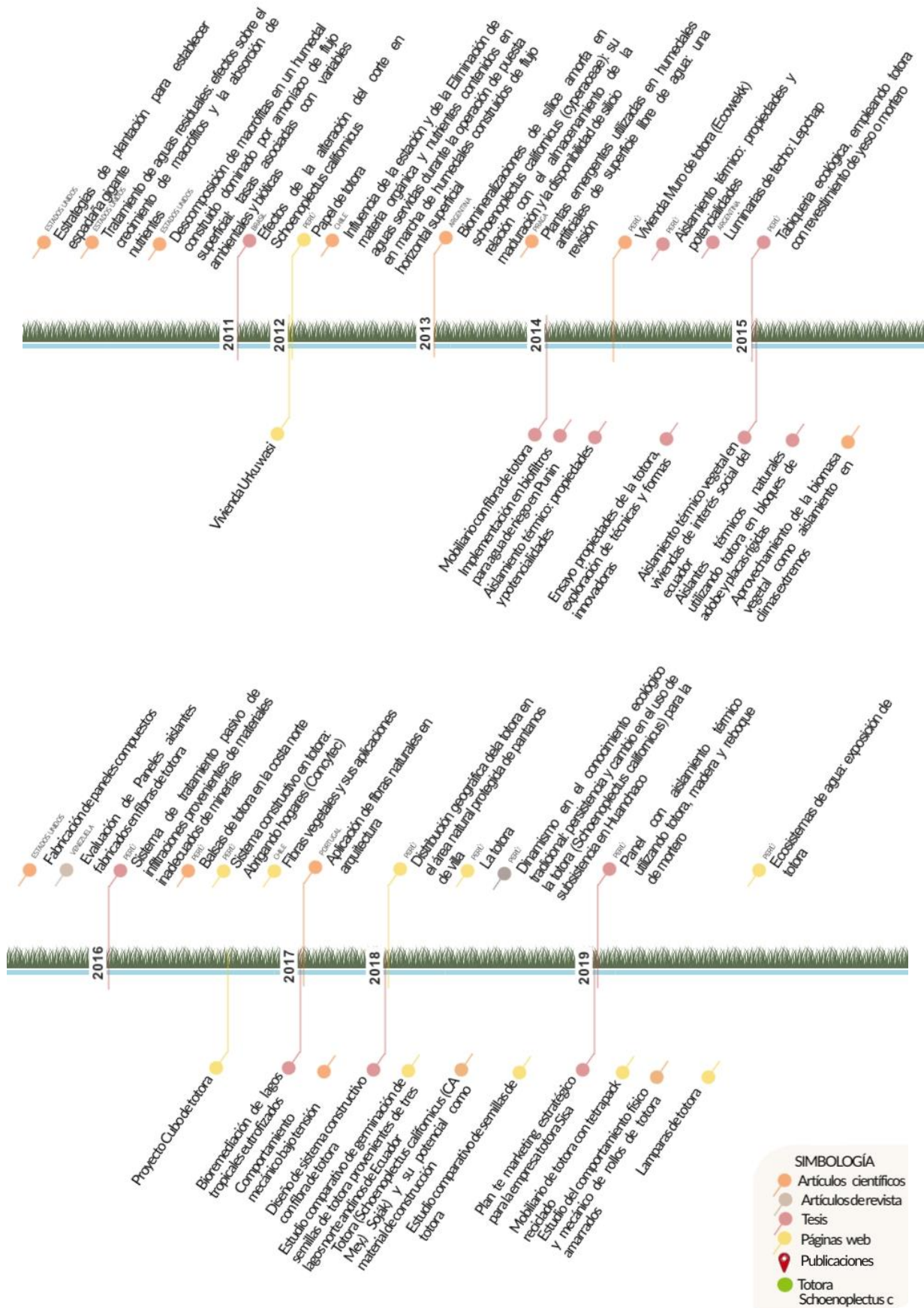


Ilustración 7 Línea de Tiempo, Fuente: González M., 2019

A su vez se colocó en el mapa la ubicación de los proyectos realizados a nivel mundial, en el cual se observa que en el continente americano existe una mayor demanda investigativa por la fibra vegetal, lo que es muy favorable ya que se quiere aprovechar el recurso que se posee en el entorno.



Fotografía 35 Ubicación de investigadores, Fuente: varias, Edición: González M., 2019

Con la información recopilada se procedió a realizar una nube de palabras omitiendo las habituales como Totora, Fibra, *Thypha*, para determinar según los documentos cuáles eran los términos más usados que vinculen directamente a la fibra vegetal con su desarrollo investigativo. Determinando que se encuentra presente en el campo de la construcción, ya sea para generar un nuevo elemento aprovechando sus propiedades térmicas y acústicas a partir de la biomasa, o para desarrollar nuevos productos para la parte inmobiliaria, artesanal, etc. Podemos concluir que este método nos ayuda a tener una referencia visual de lo que se está realizando en la actualidad con la totora y así investigar otras ramas que no han sido explotadas.



Ilustración 8 Nube de palabras, Editor: González M., 2019

De igual manera se realizó un nodo de investigadores, en el cual se procedió a generar vínculos entre las personas que han trabajado en el tema; sea de carácter informativo o científico. Esta acción nos permite observar si existe entre ellos algún tipo de conexión, y saber quiénes son los investigadores con mayor dominio referente a la materia prima.

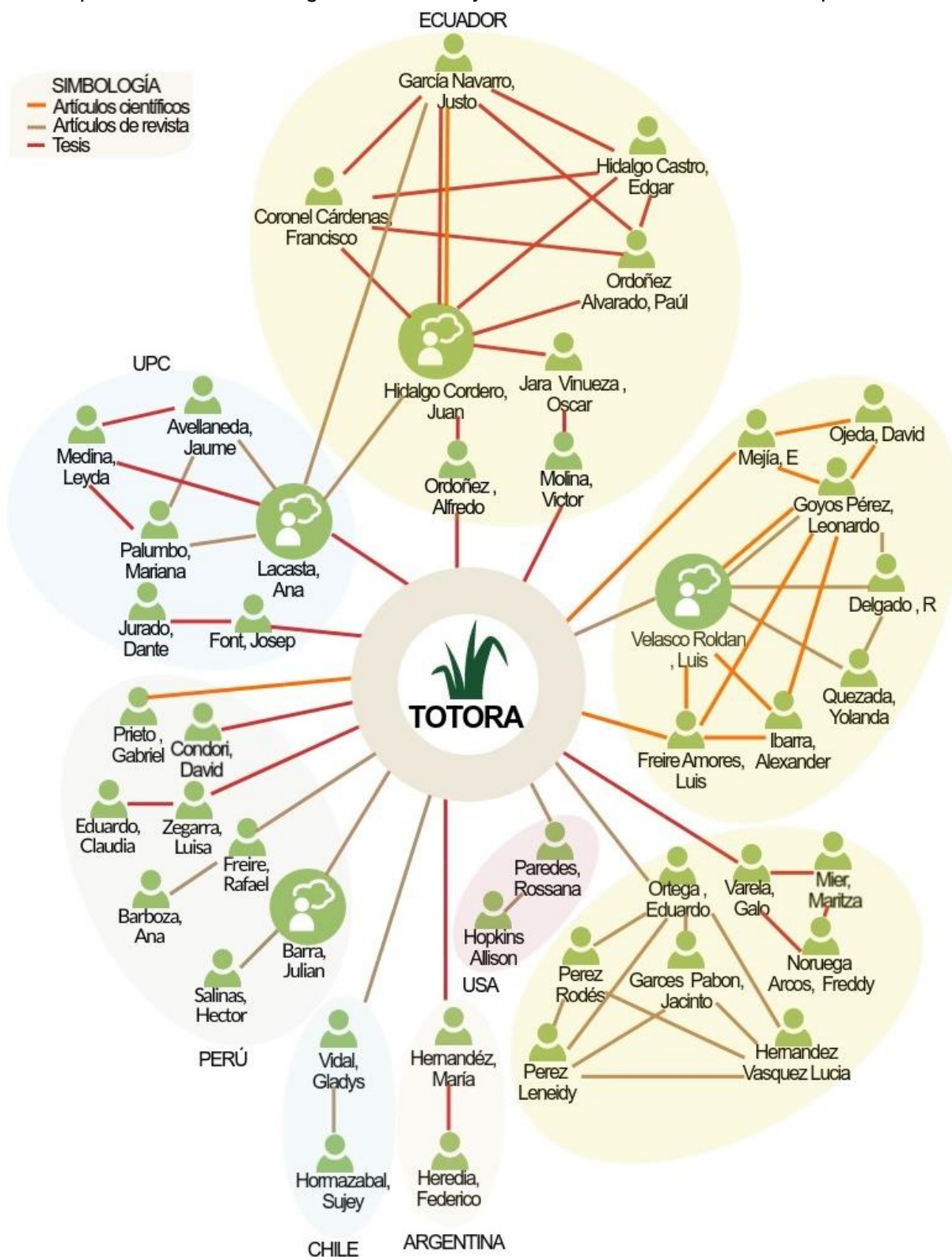







Ilustración 9 Nodo de investigadores, Fuente: varias, Editor: González M.,2019

En la UPC, Leyda Medina ha trabajado con la biomasa como Material de aislamiento térmico: propiedades y potencialidades [18], además en el 2017 se realizó el Congreso

sobre Construcciones con madera y otros materiales Lignocelulósicos en donde se menciona las aplicaciones y potencial de la totora como material en la construcción sostenible. [19] En el caso de Ecuador, Juan Hidalgo Cordero ha sido uno de los pioneros en realizar proyectos a base de la totora, y se encuentra en constante investigación para generar nuevos productos a partir de la fibra. También es el caso de Oscar Jara, que actualmente sigue realizando trabajos y creando nuevos productos; en este desarrollo investigativo se han plasmado varios productos como elementos separadores, aislantes y decorativos.

Sin embargo, los otros investigadores solo han generado contenido esporádico. Por ende, se puede generar nuevas líneas investigativas a partir de los trabajos realizados. Podemos visualizar que se han realizado diferentes tipos de investigaciones a nivel mundial, de los cuales existe un gran porcentaje en Perú y Ecuador, debido a que en estos países se encuentra la mayor cantidad de materia prima. Se han experimentado y desarrollado diferentes prototipos para la implementación de nuevos materiales.

	<p>Páginas web</p> <ul style="list-style-type: none"> • Expedición Kontiki • Expedición RA I • Expedición RA II • Expedición Tigris • Técnicas de reimplantes de totora • Expedición Qala Yampu • Construcción de mobiliario • Proyecto explorando tres realidades actuales • Papel de totora • Sistema constructivo en totora: Abrigando hogares (Concytec) • Distribución geográfica de la totora en el área natural protegida de pantanos de villa • Ecosistemas de agua: exposición de totora • La totora <p>Artículos científicos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Proy. conservación de la biodiversidad en la cuenca del lago titicaca • Vivienda Muro de totora (Ecowekk) • Balsas de totora en la costa norte 	<p>Artículos de revista</p> <ul style="list-style-type: none"> • Producción de artesanías • Dinamismo en el conocimiento ecológico tradicional: persistencia y cambio en el uso de la totora (<i>Schoenoplectus californicus</i>) para la subsistencia en Huanchaco <p>Tesis</p> <ul style="list-style-type: none"> • Propiedades físicas y ópticas del papel obtenido a partir de las fibras de totora • Aislamiento térmico: propiedades y potencialidades • Tabiquería ecológica, empleando totora con revestimiento de yeso o mortero • Sistema de tratamiento pasivo de infiltraciones provenientes de materiales inadecuados de mineras • Panel con aislamiento térmico utilizando totora, madera y reboque de mortero
	<p>Páginas web</p> <ul style="list-style-type: none"> • Papel de totora • Vivienda Urku wasi • Proyecto Cubo de totora • Estudio comparativo de germinación de semillas de totora provenientes de tres lagos norte andinos de Ecuador • Estudio comparativo de semillas de totora • Mobiliario de totora con tetrapack reciclado 	<p>Tesis</p> <ul style="list-style-type: none"> • Efecto de 5 dosis de probiótico bioseptico en la descomposición de totora • Paneles para cubierta, exteriores e interiores • Manejo y tratamiento de aguas residuales • Situación actual de la Actividad artesanal de la totora, su producción y difusión • Mobiliario con fibra de totora • Implementación en biofiltros para agua de riego en Punin • Aislamiento térmico: propiedades y potencialidades

	<p>Artículos científicos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aprovechamiento de la biomasa vegetal como aislamiento en climas extremos • Comportamiento mecánico bajo tensión • Totora (<i>Schoenoplectus californicus</i> (CA Mey.) Soják) y su potencial como material de construcción • Estudio del comportamiento físico y mecánico de rollos de totora amarrados 	<ul style="list-style-type: none"> • Ensayo propiedades de la totora, exploración de técnicas y formas innovadoras • Aislamiento térmico vegetal en viviendas de interés social del Ecuador • Aislantes térmicos naturales utilizando totora en bloques de adobe y placas rígidas • Bioremediación de lagos tropicales eutrofizados • Diseño de sistema constructivo con fibra de totora • Plan de marketing estratégico para la empresa totora Sisa
	<p>Artículos científicos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Estrategias de plantación para establecer espadaña gigante • Tratamiento de aguas residuales: efectos sobre el crecimiento de macrófitos y la absorción de nutrientes • Rendimiento de la calidad del agua de los humedales de tratamiento en el Valle Imperial, California • Descomposición de macrófitas en un humedal construido dominado por amoníaco de flujo superficial: tasas asociadas con variables ambientales y bióticas • Fabricación de paneles compuestos 	
	<p>Páginas web</p> <ul style="list-style-type: none"> • Construcción de viviendas • Técnicas en artesanías • Fibras vegetales y sus aplicaciones 	<p>Artículos científicos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Influencia de la estación y de la Eliminación de materia orgánica y nutrientes contenidos en aguas servidas durante la operación de puesta en marcha de humedales construidos de flujo horizontal superficial
	<p>Páginas web</p> <ul style="list-style-type: none"> • Muebles y objetos de totora <p>Tesis</p> <ul style="list-style-type: none"> • Luminarias de techo: Lepchap 	<p>Artículos científicos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Biomasa de las marismas de <i>Schoenoplectus californicus</i> que crecen bajo diferentes condiciones hidrológicas • Biomineralizaciones de sílice amorfa en <i>schoenoplectus californicus</i> (cyperaceae): su relación con el almacenamiento de la maduración y la disponibilidad de silicio
	<p>Artículos científicos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Perturbaciones culturales y el conocimiento ecológico local median la invasión de totora (<i>Typha domingensis</i>) en el lago Pátzcuaro, México 	
	<p>Tesis</p> <ul style="list-style-type: none"> • Efectos de la alteración del corte en <i>Schoenoplectus californicus</i> 	<p>Artículos científicos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sistemas vegetales que mejoran la calidad ambiental de las ciudades

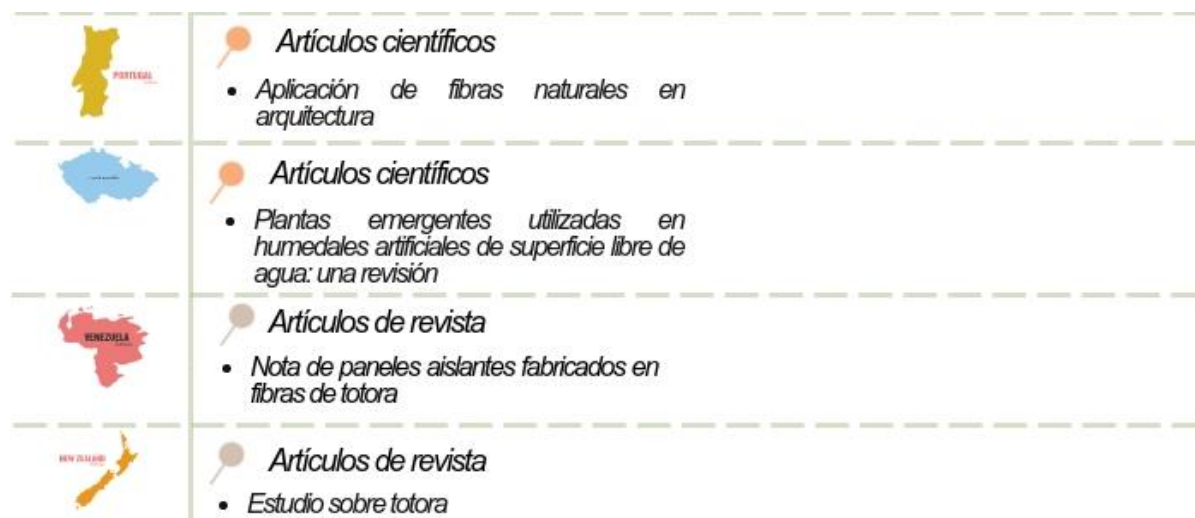


Ilustración 10 Documentos generados a nivel mundial, Fuente: Varias, Edición: González M., 2019

3.1 Artesanal

3.1.1 Propiedades físicas de la totora

Proyecto: Aprovechamiento de la totora como material de construcción
Autor: Juan Hidalgo
Tipo investigación: TFG
Ubicación: Ecuador
Año: 2007
Ensayo: J. Hidalgo, 2006

Juan Hidalgo en su proceso investigativo realizó varios ensayos para obtener datos acerca de las propiedades físicas del material. Estos ensayos le permitieron determinar la capacidad de absorción del agua, porosidad, resistencia, velocidad de pérdida de humedad, entre otros. Obteniendo los siguientes datos:

Composición química		
	Elemento	Composición (%)
	Hemicelulosa	30.71
	X- celulosa	66.79
	Lignina	27.8
Sección promedio de tallos (0.433cm ²)	Totora atada con presión media y que no altere su volumen pero que mantenga estable el conjunto	Totora atada con cuerda a presión media para analizar el aumento de volumen de la muestra
Densidad	180 Kg/m ³	
Absorción (saturada de agua 24 h.)	Aumenta 4 veces su peso seco inicial.	Aumenta 50% de su peso seco inicial.
Velocidad de absorción (primeros 20 min. de inmersión)	7% aumento peso/min. y 0.3%/min. (estado de saturación)	3.8% aumento peso/min. y 0.18%/min. (estado de saturación)
Velocidad de pérdida de humedad (primeros 20 min. de inmersión)	0.3% peso/min. Y 0.13% peso/min (secado original)	0.3% peso/min. Y 0.1% peso/min (secado original)
Aumento de volumen		16.6% (volumen seco), ocasionado por el

		ensanchamiento de su sección transversal
Tensión		38 kg/cm ²
Compresión		15 kg/cm ² (un tallo de totora) 40 kg/cm ² o más (volumen compacto de tallos)

Ilustración 11 Propiedades de la totora, Fuente: Hidalgo J., Edición: González M., 2019

La fibra también fue expuesta a métodos de inmunización, ya que en la actualidad los artesanos utilizan barniz o laca para conseguir coloraciones e impermeabilidad en muebles y objetos pequeños. Debido a que la totora no puede estar exteriorizada sin ningún tipo de protección por la presencia de hongos a causa de la humedad.

Luego de ser sometida a varias pruebas con resina para grafiado a base de agua se notó que se producía un fácil desprendimiento, causando una decoloración al tener contacto con el agua. A diferencia de la totora con pintura esmalte en spray transparente, que se desprende en menor cantidad.

Se pudo determinar que el resultado con mayor viabilidad para la preservación de la fibra vegetal fue la aplicación de barniz marítimo, en donde también existió desprendimiento debido a las constantes variaciones de volumen que presenta la totora con mayor frecuencia en relación a la madera. Para la aplicación del barniz es necesario realizarlo en todas las secciones de la fibra, generando una hermeticidad completa, evitando el ingreso de humedad en su interior. Es recomendable aplicar un producto que tenga mayor elasticidad y resistencia para acomodarse a las variaciones del material.

3.1.2 Ensayo de propiedades de la Totora

Proyecto:

Resignificación de la totora a través del diseño y la innovación de técnicas, usos y formas

Autor: Federico Heredia

Tipo investigación: TFM

Ubicación: Argentina

Año: 2014

Ensayo: F. Heredia, 2013

En otra investigación realizada en Argentina para determinar el comportamiento físico de la totora Federico Hernández realizó varios ensayos en estado seco y húmedo. Se observó que la totora seca es frágil y quebradiza frente a los esfuerzos de tracción, compresión y torsión, debido a que su estructura interna no permite tener una mejor flexibilidad lo cual causa la incapacidad de ejecutar cualquier trabajo que requiera crear una forma curvilínea o que posea cambios de dirección en su diseño.

A su vez la biomasa seca es altamente inflamable debido a que internamente posee cámaras de aire. [3]



Fotografía 36 Torsión de totora, Fuente: Heredia F., Edición: González M., 2019



Fotografía 37 Flexibilidad de la totora, Fuente: Heredia F., Edición: González M., 2019

Por otro lado, la fibra en estado húmedo es maleable a diferentes esfuerzos debido al aumento de su resistencia y capacidad de flexibilidad, permitiendo ajustarse a diversas formas. Es decir que dependiendo de la utilidad que se le asignara a la fibra vegetal se tiene que tener en consideración el comportamiento, ya que al ser sometida a cambios bruscos puede colapsar y romperse. También antes de utilizar la fibra esta debe de limpiarse y clasificarse. Se puede combinar con otros productos para mejorar su adherencia, cambio de tonalidad, impermeabilización, etc.

3.1.3 Elaboración de papel

Diseño:	Bertha Soto
Tipo investigación:	Página web
Ubicación:	Bolivia
Año:	2008



Fotografía 38 Papel de totora, Fuente: La razón, 2008

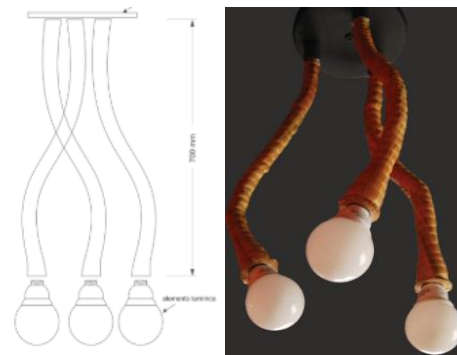
Aprovechar el recurso que se posee en el entorno fue una de las metas que se propuso Bertha Soto ya que tenía la necesidad de generar ingresos económicos para el sustento de su familia; En donde la totora fue la materia prima para obtener el papel artesanal realizado a base de la biomasa. Su proceso inicia realizando la recolección de totora que se encuentra en el lago, luego estos tallos se proceden a seleccionar y secar. Con ayuda de su personal se cortan pequeños trozos semi verdes de fibra, se procesa y cocina por un lapso de ocho horas hasta conseguir una masa homogénea; La masa es trasladada a un molde para que este ingrese al molido.

La materia prima es procesada y se sumergen los tamices para extraer la fibra y escurrir todo el exceso de líquido, después los formatos de fibra son expuestos al sol en una superficie lisa para proceder a secarse. Estos papeles pueden ser de varias tonalidades dependiendo del requerimiento del cliente; Finalmente se realiza la selección y destino del producto.

El principal nicho de mercado es Estados Unidos y Argentina; en donde la producción mensual del papel es más de mil páginas y el costo referencial es de 0.50 dólares. [20] Como este ejemplo, se pueden crear varias innovaciones a partir de la fibra y que no requieran ser industrializadas para aprovechar la biomasa.

3.1.4 Lámparas con totora

Proyecto:
“Lepchap” Luz Huarpe (Resignificación
de la totora, a través del diseño y la
innovación de técnicas, usos y formas)
Diseño: Federico Heredia
Tipo investigación: TFM
Ubicación: Argentina
Año: 2014



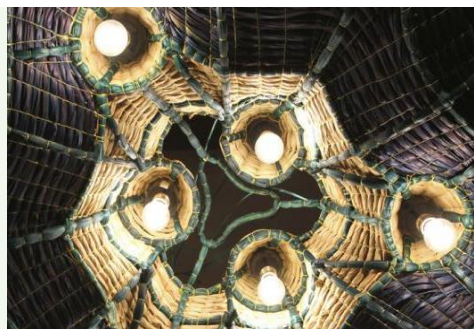
Fotografía 39 Lámparas con totora,
Fuente: Heredia F., 2014

La exploración e innovación de las fibras vegetales fuera del entorno tradicional, ha generado la producción de nuevos elementos, los cuales han sido sometidos a diversos estudios y comportamientos para determinar su resistencia y viabilidad. En este caso el comportamiento de la totora en estado húmedo ha permitido generar varios tejidos, a su vez se ha realizado la aplicación de color a la fibra debido a que su estructura le permite absorber el color y mantenerlo.

El proyecto ha creado un incremento económico a los artesanos, generando una variedad entre los productos tradicionales, permitiéndoles visualizar las diferentes maneras de aprovechar el recurso. En este caso se propuso la creación de luminarias para espacios interiores, el mismo que está conformado por una base metálica la cual se sujeta al cielo raso. Posee tres cuerpos, cada cuerpo tiene una envoltente de totora sujeta con hilo, al final una bombilla. Los cuerpos se encuentran cubiertos de lino, aceite e impermeabilizante para evitar que se rompa fácilmente y le ayude a prolongar su tiempo de vida útil.

3.1.5 Lámparas elaboradas con tres técnicas ancestrales

Diseño: Sebastián Chiriboga
Tipo investigación: Trabajo final de
grado
Ubicación: Quito, Ecuador
Año: 2018



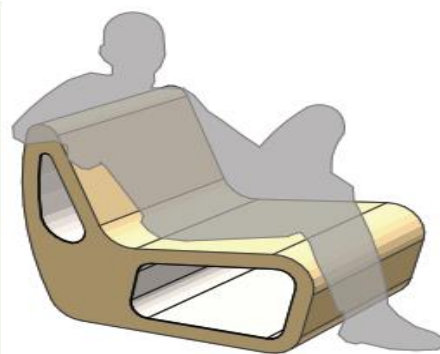
Fotografía 40 Lámparas ancestrales,
Fuente: Pineda A., 2018

La propuesta fue realizada a partir de un trabajo final de grado en el que se creó un diseño orgánico inspirado en las montañas situadas en el valle Angochagua. Los tejidos estaban realizados con tres técnicas artesanales, poseen pigmentaciones de colores fríos; estos tejidos siguen la forma de la estructura realizada con hierro galvanizado. El diseño permite difuminar la luz en el espacio interior, realizando un juego de sombras. [21]

A diferencia del proyecto anterior, esta propuesta pasó a la fase de comercialización, al ser un producto fuera de lo convencional por su forma y materia prima; consideró que tiene mayor apertura ya que representa en sus diseños el carácter e identidad cultural del sector. El proyecto como tal tuvo gran aceptación, pero no se ha continuado generando nuevos productos a base de la fibra, es decir solo quedó como propósito educativo.

3.1.6 Mobiliario con fibras de totora

Proyecto: Experimentación con la fibra vegetal
Diseño: Andrés Culcay
Tipo investigación: Trabajo final de master
Ubicación: Ecuador
Año: 2014



Fotografía 41 Mobiliario de totora,
Fuente: Culcay A., 2014

El ecuatoriano Andrés Culcay en su trabajo final de master identifico que se podía aprovechar el recurso que existe en el entorno. En el cual analizo la viabilidad del material para realizar la aplicación en tableros de totora contrachapados, bloques de totora, permitiendo estudiar los esfuerzos y capacidades de carga en cada elemento sometidos a diferentes pruebas como flexión, compresión, absorción, proyectando a una posible aplicación en el ámbito inmobiliario. Se determinó que la totora como tablero contrachapado puede estar entre 2 a 5 cm de espesor, donde estos bloques están conformados por varias capas de totora dispuestas en sentido horizontal y vertical.

Puede utilizarse como paredes divisorias, mesas, aislantes térmicos, entre otros. La totora en forma de bloque tiene mayor resistencia a la compresión pudiendo ser aplicada en un asiento, mesa, complementos que requieran gran capacidad de carga.

Pero la totora en forma cilíndrica puede generar varios moldes para crear la estructura de un mobiliario.[22] Por lo consecuente, dependerá del mobiliario que se vaya a realizar, según la forma y el patrón que se establece.

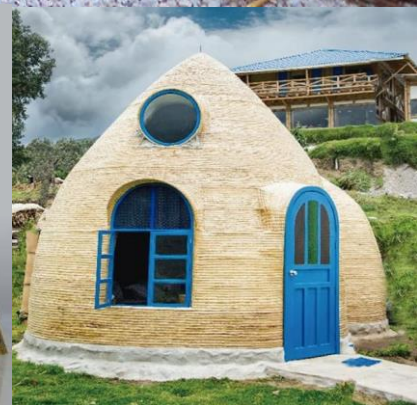
3.1.7 Arte con la fibra vegetal

Proyecto: Ecosistemas de Agua
Autor: Rafael Freire y Ana Barboza
Tipo investigación: Exposición
Ubicación: Perú
Año: 2019



Fotografía 42 Ecosistemas de agua,
Fuente: Freire R., 2019

Ecosistemas de agua es un proyecto itinerante que permite al usuario reconocer el sistema y el proceso de captación y purificación del agua. La obra ha generado un esquema representativo de la distribución de los humedales de la costa peruana en donde se han realizado tejidos hechos a mano a base de totora y tilandsias, a su vez el uso de otros elementos naturales como piedra volcánica, granito, gres, entre otros elementos, han permitido desarrollar la estructura de la obra, generando una conexión entre elementos que puedan aprovechar las propiedades de las plantas Fito depuradoras que contienen rizomas y ayudan absorber las materias orgánicas del agua, el visitante puede beber el agua filtrada.



Fotografía 43 Totora en la arquitectura contemporánea, Fuente: varias, Edición: González M., 2019

4	La Totorá, Arquitectura y construcción Contemporánea	62
4.1	Ubicación de proyectos	62
4.2	Paneles cubierta, exteriores e interiores	65
4.2.1	Paneles Exteriores	65
4.2.2	Paneles exteriores	65
4.2.3	Paneles interiores	65
4.2.4	Panel tipo Tejido	66
4.2.5	Panel tipo Gavión	66
4.2.6	Panel tipo Lienzo	66
4.2.7	Panel tipo bloque	67
4.3	Muro de adobe y paja con aislamiento de totora	67
4.4	Estructura	69
4.5	Bloques de adobe con totora	69
4.6	Tableros de Totoraecopack	70
4.7	Tablero prefabricado con aislamiento térmico de totora	71
4.8	Cubo de totora	72
4.9	Urku Wasi hostel	72
4.10	Fabrik: Pared de totora	73

4 La Totorá, Arquitectura y construcción Contemporánea

4.1 Ubicación de proyectos



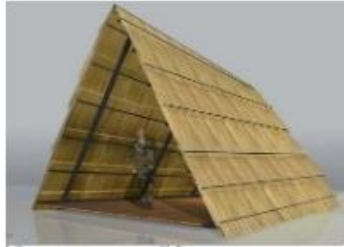
Categoría
 Vestir y cubrir

Proyecto

Material



Paneles de cubierta, exteriores e interiores



Arquitecto: Juan Hidalgo
 Ubicación: Ecuador
 Año: 2007
 Fotografía: Juan Hidalgo

Estructura:
 Metálica
 Totorá



Muro de adobe y paja con aislamiento de totora



Arquitecto: Centro Tierra
 Ubicación: Lima, Perú
 Año: 2016
 Fotografía: Archivo Centro Tierra

Estructura:
 Adobe
 Totorá



Paneles prefabricados



Arquitecto: Oscar Jara
 Ubicación: Otavalo, Ecuador
 Año: 2016
 Fotografía: Oscar Jara

Estructura:
 Madera
 Tetrapack
 Totorá

Bloques de adobe con totora



Arquitecto: Yolanda Quezada
 Ubicación: Sangolquí, Ecuador
 Año: 2015
 Fotografía: Yolanda Quezada







Estructura:
 Adobe
 Totorá

Tableros de Totoraecopack



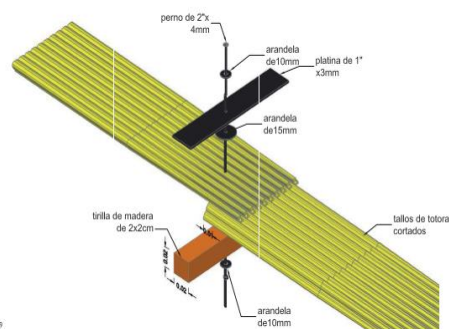
Arquitecto: Oscar Jara
 Ubicación: Otavalo
 Año: 2016
 Fotografía: Oscar Jara

Estructura:
 Tetrapack
 Envoltente:
 Totorá

	Proyecto	Material
	Tablero prefabricado con aislamiento de totora 	Arquitecto: Edison Cruz Ayarquispe Ubicación: Lima, Perú Año: 2019 Fotografía: Edison Cruz Estructura: Malla electrosoldada Madera Envoltente: Totorá Mortero de cemento Yeso
	Cubo de Totorá 	Arquitecto: Oscar Jara , Colectivo Archquid Ubicación: Otavalo Año: 2016 Fotografía: Ferrifco Lerner Estructura: Madera Envoltente: Totorá
	Urku Wasi hostel 	Arquitecto: Edward Barragán Ubicación: Otavalo Año: 2016 Fotografía: F. Espinoza Estructura: Metálica Envoltente: Totorá Mortero de hormigón
	Fabrik: Pared de totora 	Arquitecto: Estudio ASA Gimbert Ubicación: Guérande, Francia Año: 2014 Fotografía: Ecoweek Estructura: Metálica Madera Envoltente: Totorá Madera

4.2 Paneles cubierta, exteriores e interiores

Proyecto:
Aprovechamiento de la totora como
material de construcción
Diseño: Juan Hidalgo
Tipo investigación: TFG
Ubicación: Ecuador
Año: 2007

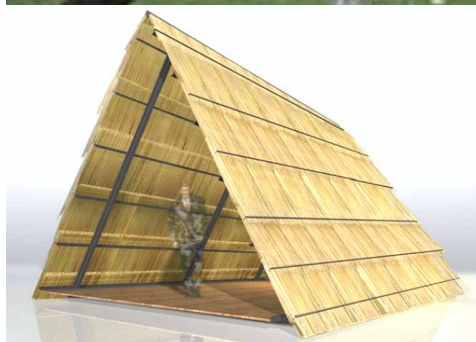


4.2.1 Paneles Exteriores

En el caso de estudio realizado por Juan Hidalgo, proyectó el aprovechamiento de la totora como material de construcción en el cual quería destacar las propiedades del material, planteando nuevas propuestas para la creación de paneles de cubierta, exteriores, e interiores realizados a base de la fibra en su estado natural, sin generar una mayor intervención en ella.



En cuanto a la cubierta, genero un módulo de 1m de largo con un espesor de 0.05m, el cual estaba presionado por dos prensas metálicas o de madera en ambos extremos, ya que según las pruebas realizadas determino que, al momento de caer el agua sobre la totora, los paneles debían estar con una pendiente mínima de 30% caso contrario el agua no fluía y tendía a penetrar las juntas existentes entre los tallos por ende generaba filtraciones. Hidalgo recomienda trabajar con pendientes mayores al 50%.



Fotografía 44 Paneles para cubierta,
Fuente: Hidalgo J., 2006

4.2.2 Paneles exteriores

Diseñados para funcionar como muros exteriores pérgolas, cerramientos, etc. El único cuidado que requieren es que deberían estar "separados del suelo, a menos que no tengan contacto con la humedad." [4]. De igual manera se pueden crear módulos con perfiles de madera o metálicos, generar una trama, vacíos, aprovechar las texturas, color, etc.



Fotografía 45 Paneles exteriores, Fuente: Hidalgo J., 2006

4.2.3 Paneles interiores

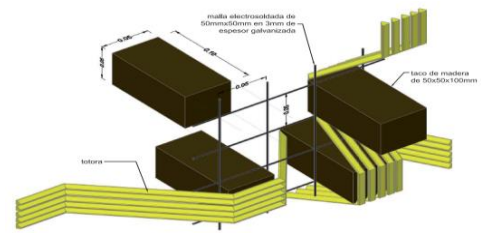
Existe una mayor libertad para implementar los diseños de paneles para interiores, se pueden crear nuevas formas, generar textura, tejidos, entramados, combinar con otros materiales y elementos. Además, el tiempo de durabilidad es mayor en relación a los

paneles exteriores debido a que no se encuentran expuestos directamente al sol. Hidalgo planteo las siguientes propuestas:

4.2.4 Panel tipo Tejido

Consta de una superficie de trabajo rígida conformada por una malla electrosoldada de (5x5x3cm) colocando secciones de madera con la misma área, pero con un espesor de 10 cm, estos cuartones son ubicados generando un desplazamiento entre ellos con el fin de crear una sensación de movimiento al panel.

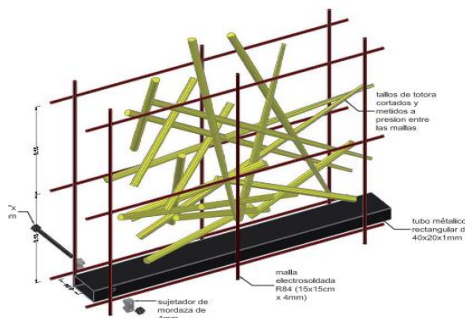
Luego se teje la sección de totora que está conformada por 5 tallos previamente humedecidos pasando entre la madera y la malla. Finalmente se procede a tensar los extremos con una prensa de madera que conformará el marco del panel. [4]



Fotografía 46 Panel tejido, Fuente: Hidalgo J., 2006

4.2.5 Panel tipo Gavión

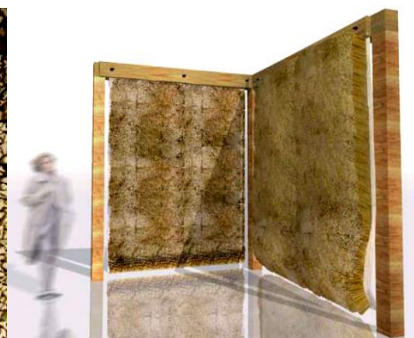
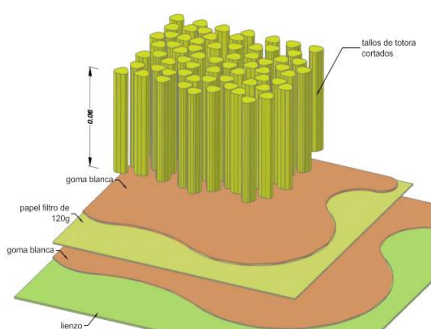
Puede ser colocado como un elemento separador interno, el cual posee una estructura perimetral metálica, empernada con dos mallas electrosoldadas en cada cara del panel y en su interior se colocaron pequeños retazos de tallos de totora. Generando una composición asimétrica ya que la totora no seguía ningún orden o secuencia en su ubicación.



Fotografía 47 Panel tipo gavión, Fuente: Hidalgo J., 2006

4.2.6 Panel tipo Lienzo

Contiene tallos de totora de 8 cm dispuestos en posición vertical, colocados en una superficie flexible que le permita tener movilidad con el viento. La superficie esta compuesta por un lienzo con una capa de goma blanca luego se colocó papel filtro de 120gr, adheriendo una ultima capa de goma en la cual se empezaran a colocar los tallos de totora que fueron cortados con ayuda de una guillotina de imprenta.



Fotografía 48 Panel tipo lienzo, Fuente: Hidalgo J., 2006

4.2.7 Panel tipo bloque

Está conformado por varias unidades de bloques, en la cual cada bloque contiene tallos de totora unidos entre sí por medio de una resina o goma blanca, la cual les permite mantenerse adheridos; posee una dimensión de (30x15x15cm). Y debido a su configuración se pueden crear muros de separación para espacios internos.



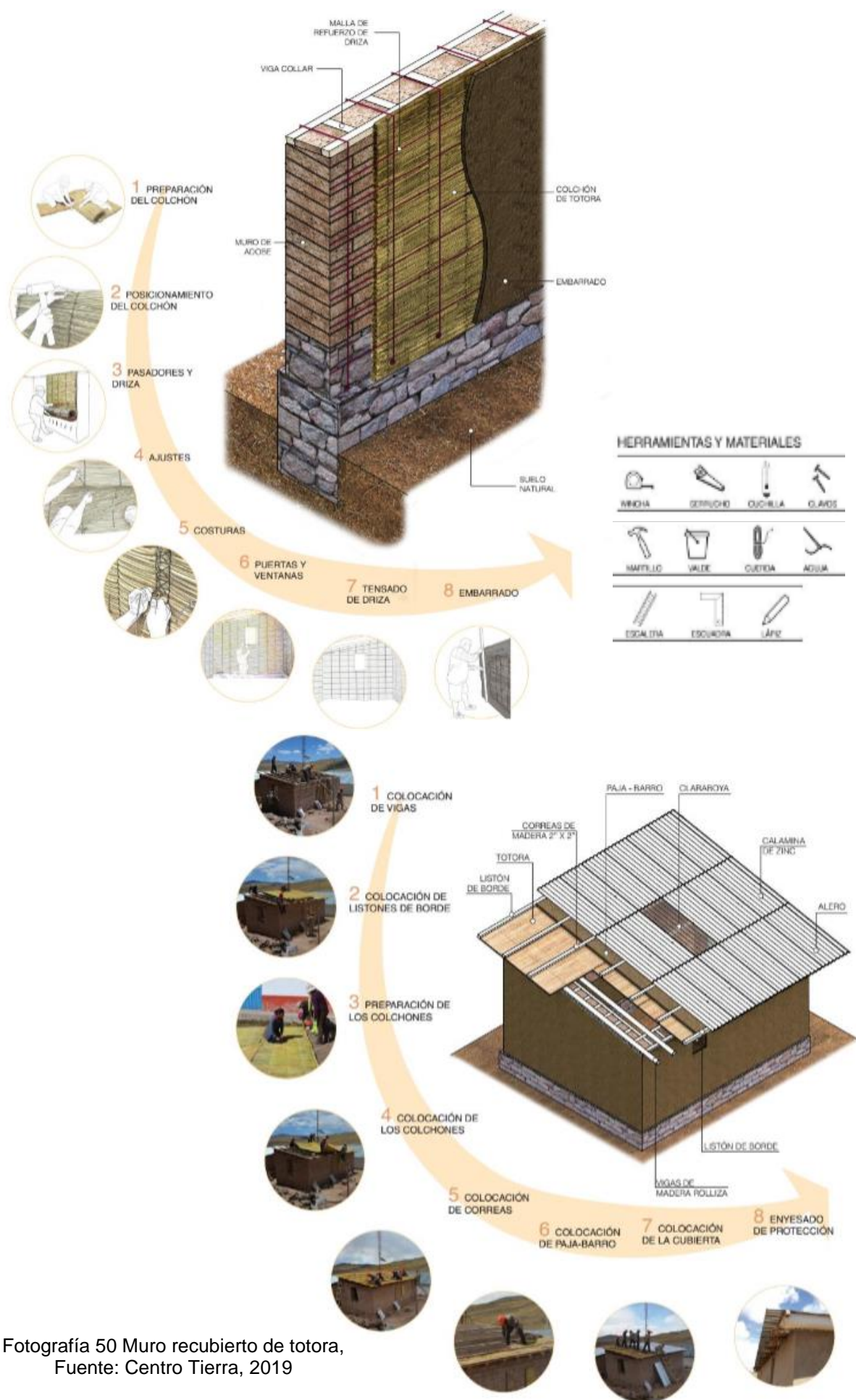
Fotografía 49 Panel tipo bloque, Fuente: Hidalgo J., 2006

4.3 Muro de adobe y paja con aislamiento de totora

Proyecto:	Manual del Promotor técnico para la construcción de la vivienda altoandina segura y saludable
Autor:	Centro Tierra
Tipo investigación:	Proyecto
Ubicación:	Lima-Perú
Año:	2016
Fotografía:	Archivo centro Tierra

Debido a los problemas de salud que enfrentaba la sociedad al vivir en viviendas que no cumplen con un confort térmico interno a causa de las bajas temperaturas que existen en las zonas altoandinas. Se estableció un manual en el cual se implementa un sistema constructivo que les permita aprovechar los recursos naturales del entorno, siendo económico, reciclable y ecológico, donde el usuario pueda mejorar su sistema constructivo tradicional. Dentro de este sistema se encuentra la implementación de muros de adobe y paja, recubiertos con aislamiento a base de esteras de totora, este muro les permite proteger del frío a la vivienda evitando la disipación del calor durante la noche. Finalmente se procede a recubrir el muro con mortero a base de barro y paja, colocándolas manualmente.

También se colocan esteras de totora en la cubierta, la cual consiste en colocar colchones en el sentido opuesto sobre las vigas de madera, evitando que el material se desprenda en su interior, sobre el colchón de totora se colocan las correas de madera que soportaran la cubierta metálica, pero entre estas se encontrara una mezcla de barro alivianado con fibras (paja y totora) para mejorar el aislamiento térmico. Se puede proteger en el interior de la vivienda a las esteras de totora, colocando un mortero de yeso, aunque considero que su estética mejora dejando el material visto, aprovechando su textura y tonalidad. [23]
Este sistema no requiere de mano de obra calificada, por ende, se pueden generar capacitaciones para la implementación efectiva del sistema constructivo.



Fotografía 50 Muro recubierto de totora,
 Fuente: Centro Tierra, 2019

4.4 Tablero rígido artesanal (OSTB experimental)

Proyecto:
Artes y oficios como vinculación
material al diseño y detalle
arquitectónico
Diseño: Oscar Jara
Tipo investigación: Proyecto
Ubicación: Otavalo, Ecuador
Año: 2017
Fotografía: Oscar Jara



Fotografía 51 Vigueta experimental de totora y madera, Fuente: Jara O, 2017

El estudio experimental que se planteó Oscar Jara fue realizar un tablero complementario de origen artesanal conformado por una capa de papel vegetal de totora con un espesor de 1 a 2mm y otra capa interna de fibra orientada de totora (OSTB) artesanal de 0.018m y una longitud variable de 0.90 a 1.80 metros. [24] En donde el papel vegetal envuelve al tablero adherido con la cola blanca; se generaron varias probetas para someterlas a las pruebas mecánicas en donde se pudo determinar que el OSTB totora resistió 7 Mpa a una compresión paralela, y 1 Mpa a compresión perpendicular, para realizar los ensayos se tomó como referencia la normativa ecuatoriana de construcción en Madera y Guadua (NEC, 2014) (NEC, 2016).

En donde en comparación con otros materiales como la madera y guadua se pudo observar que el OSTB de totora como producto para aplicaciones constructivas es viable ya que puede generar un sistema constructivo poli funcional, se consigue reforzar en los extremos para crear viguetas compuestas de madera y OSTB artesanal. O a su vez se alcanzan a generar formas curvas.

4.5 Bloques de adobe con totora

Proyecto:
Análisis, desarrollo y evaluación de
aislantes térmicos naturales utilizando
totorá (*schoenoplectus californicus*) en
bloques de adobe y placas rígidas.
Diseño: Yolanda Quezada
Tipo investigación: Trabajo final de
master
Ubicación: Sangolquí, Ecuador
Año: 2015



Fotografía 52 Bloque de adobe con totora, Fuente: Quezada Y., 2015

Otra innovación fue la creación de Bloques de adobe con totora (0.28x0.10x0.13m). Se utilizó soluciones de hidróxido de sodio para eliminar los azúcares que existen en la fibra y para la mineralización se colocó hidróxido de calcio o cal. Luego se realizó la mezcla de la totora, tierra, cemento o cal y agua hasta conseguir una consistencia homogénea. Se colocó la masa en moldes para bloques de adobe, donde se inicia humedeciendo las paredes del molde, se sitúa en una superficie plana y limpia; colocando una cantidad suficiente para rellenar la base del molde, se va compactando con las manos ejerciendo presión sobre el mismo; este proceso se repite por cuatro ocasiones hasta llenar el molde. Finalmente se retira el molde y se inicia el proceso de secado al aire libre por un periodo de cuatro semanas.

Se determinó según el estudio realizado que el porcentaje máximo de fibra vegetal que se podía añadir a la mezcla homogénea sin perder su resistencia y evitando agrietamientos en el proceso de secado era el 8% y las fibras debían poseer un tamaño de 0.05m aproximadamente. [25] La densidad de un adobe sin totora es de alrededor de 1600 kg/m³ y con la adición de la biomasa su densidad baja a 960 kg/m³ aproximadamente, volviéndose un bloque más liviano ya que disminuye su peso en un 40%. Su resistencia fue de 12,12 kgf/cm²

4.6 Tableros de Totoraecopak

Diseño:	Oscar Jara
Tipo investigación:	Proyecto
Ubicación:	Otavalo, Ecuador
Año:	2016

Actualmente Oscar Jara está realizando tableros Totoraecopak que son planchas para cubierta a base de cartones de envasado aséptico conocidos comúnmente como cartones tetrapak y en la parte interna como elemento decorativo ha colocado esteras de totora que se amoldan a la superficie del tablero. Su composición permite tener un tablero muy formidable termoacústico e impermeable, además cuentan con una vida útil entre 15 a 20 años. A diferencia de otros tableros para cubierta, este se destaca por su estructura liviana, es de fácil instalación, corte, resistencia al impacto, corrosión y combustión, posee un esfuerzo a la ruptura de 9.81 MPa, con una elongación a la ruptura de 11.5%.

La plancha al estar expuesta por un lapso de 24 horas, presenta una capacidad de absorción de 0.4% [26]. El producto posee diferentes texturas, tejidos ancestrales y colores. En donde el proceso consiste en ingresar la estera a una máquina aplanadora que genera la forma y prensado a base de rodillos, luego la pieza es retirada y almacenada para su comercialización.



Fotografía 53 Tableros de totoraecopak, Fuente: Jara O., 2016

4.7 Tablero prefabricado con aislamiento térmico de totora

Proyecto:

Sistema constructivo con aislamiento térmico utilizando Totora, madera y revoque de mortero en zonas Altoandinas

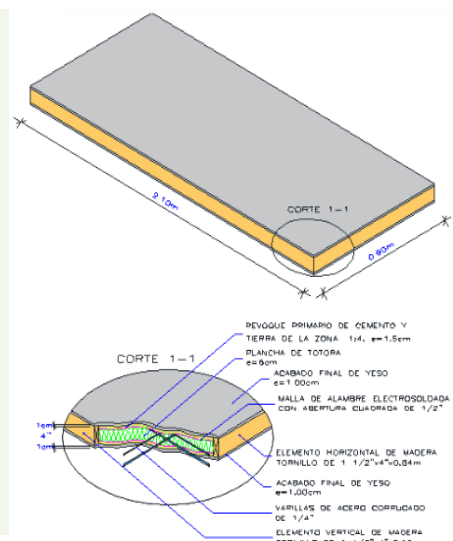
Diseño: Edison Cruz Ayarquispe

Tipo investigación:

Proyecto TFG

Ubicación: Lima, Perú

Año: 2019



El sistema está compuesto por un conjunto de paneles realizados a base de bastidores de madera, planchas de totora con espesor de 6 cm, malla electrosoldada, varillas de acero corrugado que se insertan y aseguran los bastidores. Recubierta con una capa de tierra estabilizada y enlucido con mortero de cemento, finalmente se da un acabado con yeso en ambas caras. El panel muro típico es (0.90x2.10x0.09m) que es colocado en paredes, en la cubierta también se colocó como aislamiento térmico la biomasa. [27]



Fotografía 54 Panel sometido a compresión, Fuente: Ayarquispe E., 2019

Para determinar la factibilidad del panel se realizaron ensayos a compresión horizontal y diagonal sometida a 300 ton con la ayuda de una máquina de compresión, observando que en ambos casos la pieza se fisura. La conductividad térmica del panel con totora resulta 0.045 W/m.K.

Tabla 1 Resultado de resistencia a la compresión de paneles de ensayo, Ayarquispe Edison, 2019

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PANELES DE 0.90 m x 0.90 m					
TIPO DE PANEL	CARGA DE FALLA (kg)	SECCIÓN		ÁREA DE LA APLICACIÓN DE CARGA (cm ²)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm ²)
		L (cm)	A (cm)		
Panel M-1	2,600.00	90.00	9.00	810.00	3.21
Panel M-2	32,000.00	90.00	11.00	990.00	32.32
Panel M-3	30,000.00	90.00	11.00	990.00	30.30

Tabla 2 Resultado de resistencia a la compresión diagonal de paneles de ensayo, Ayarquispe Edison, 2019

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAGONAL DE PANELES DE 0.90 m x 0.90 m						
TIPO DE PANEL	CARGA DE FALLA (kg)	DIMENSIONES			Ab (cm ²)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN v'm (kg/cm ²)
		l (cm)	h (cm)	t (cm)		
Panel M-4	7,900.00	90.00	127.28	9.00	977.76	5.71
Panel M-5	8,200.00	90.00	127.28	11.00	1,195.04	4.85
Panel M-6	8,100.00	90.00	127.28	11.00	1,195.04	4.79

En este estudio se determina el uso de la totora como aislamiento térmico, siendo viable en la aplicación de muros, ya que permite generar un confort térmico en el interior. A su vez la aplicación de materiales que se encuentran en el entorno permite generar un sistema de construcción accesible y eficaz. Siempre y cuando este no sea sometido a cargas superiores, o cuente con una estructura metálica o de hormigón armado que pueda soportar las cargas; Los elementos estarían dispuestos para separar no como muros de carga.

4.8 Cubo de totora

Autor: Oscar Jara
Colectivo Archquid
Ubicación: Otavalo, Ecuador
Año: 2016



Fotografía 56 Cubo de totora, Fuente: Lerner F., 2016

En la laguna de San Rafael en Otavalo, se realizó el proyecto ganador del premio Internacional BAQ 2016. El cual está conformado por tres Cubos de totora, cada cubo cuenta con cuatro caras abatibles según la orientación deseada, y una cara está compuesta por nueve paneles, cada panel cuenta con una estructura mixta de madera con diferentes tejidos. [28]

El proyecto fue creado con el fin de generar un espacio de confort y fortalecimiento de la identidad cultural. También se analizó la incidencia de iluminación natural en el interior debido a los tejidos expuestos se logró generar una composición de tejidos de luz, pero no se obtuvo un aislante térmico ya que para alcanzarlo se deben de disponer de otras capas de totora que permitan regular la cantidad térmica; pero el objetivo del diseño no era generar un espacio de confort térmico.

4.9 Urku Wasi hostel

Autor: Edward Barragán
Ubicación: Otavalo, Ecuador
Año: 2016



Fotografía 57 Urku wasi hostel, Fuente: Espinoza F., 2016

El diseño de los domos está inspirado en el paisaje montañoso, es decir generada a partir de una arquitectura orgánica. En donde su estructura está configurada de la siguiente manera: la cimentación posee una base de 80cm de piedra y cemento, luego se colocó una estructura metálica la cual le brindará rigidez y será la matriz para generar la forma de la edificación.

Esta estructura posee un recubrimiento interno y externo, realizado a base de tejidos de totora generando un aislamiento térmico. En su interior posee objetos y mobiliarios realizados a base de la fibra el cual destaca la identidad cultural del sector. Este proyecto fue creado pensando en generar un inmueble ecológico, que permita utilizar materiales ancestrales de la construcción. La Fachada se recubrió con mortero y pintura blanca. [29]

4.10 Fabrik: Pared de totora

Autor: Estudio ASA Gimbert
Ubicación: Guérande, Francia
Año: 2014



Fotografía 58 Pared de totora, Fuente: Ecoweek, 2014

La vivienda de madera y estructura metálica está conformada por dos plantas y una azotea, en su fachada principal se ha colocado un muro de totora aprovechando la materia prima de la región.

El muro esta realizado con atados sujetos a un entramado metálico, cuenta con un espesor de 24cm; debido a las características y propiedades de la totora, han permitido generar un ambiente de confort interno.

Este tipo de proyectos revaloriza la materia prima ya que permite generar otro concepto visual para aprovechar el recurso aplicándolo a una arquitectura contemporánea.[30]

Implementado en un diseño moderno, la fachada a base de fibra vegetal, es el elemento protagonista de la obra, en donde se puede aprovechar el recurso de bajo costo, fácil instalación, poco mantenimiento ya que la fibra soporta los diferentes cambios de temperatura.



“Al presente todo lo que tiende a elevar la mano de obra tiende a bajar el valor de los materiales” [31]

Antonio Gaudí

Poniendo en contexto las fibras vegetales, si la mano de obra o transporte encarece el proyecto, la aplicación del material es inadecuada ya que no se aprovecha la mano de obra local ni recurso; la visión de industrializar y reemplazar materiales que se encuentran fuera del radio de acción, genera impacto económico y ambiental. En conclusión, conociendo el comportamiento del material en su origen, desarrollo, y manipulación, se evita la necesidad de recurrir a la industria y crear producción local.



Fotografía 60 Futuras aplicaciones,
Fuente: varias, Edición: González M.,
2019

5	Futuras Aplicaciones	76
5.1	Ubicación de proyectos	77
5.2	Casos de estudio	78
5.2.1	Casa de las tejas voladoras	80
5.2.2	Centro de Formación	80
5.2.3	Capilla Funeraria	81
5.2.4	Auditorio del centro de congresos de Haute-Saintonge	81
5.2.5	Oficinas de desarrollo de Loire- Atlántico	82
5.2.6	Escuela Alfa Omega	83
5.2.7	Escuela puente	83
5.2.8	Pabellón de España 2010	84
5.2.9	Pabellón de España 2020	84

5 Futuras Aplicaciones

“Si hay 360 grados, no hay razón para restringirme a uno solo”.
Zaha Hadid Arq.

La aplicación de las fibras vegetales en nuestro entorno se ha venido utilizando por generaciones, aunque la concepción sigue siendo la misma. Si salimos de la matriz se crean cosas interesantes, cambia el ángulo visual del espectador, se observa más allá que el material; además permite buscar nuevas prácticas utilizando recursos tecnológicos que generan innovaciones arquitectónicas.

La construcción con fibras vegetales está muy encasillada en la arquitectura low tech; como consecuencia me he planteado exponer varios casos de estudio que se han ejecutado actualmente, siendo esta una proyección para la implementación de la totora. Debido al auge que existe en este momento con la implementación de materiales ecológicos de rápida capacidad regenerativa que ayudan a reducir significativamente la huella ambiental de los edificios existentes, almacenando una gran cantidad de carbono y combatiendo así contra el calentamiento global.

En donde estos proyectos son un gran referente para el uso de fibras vegetales, debido a su aplicación y participación en el Fibra Award 2019, que está inspirado en el Terra 2016 (primer Premio Internacional de Arquitectura de Tierra Contemporánea). El Fibra internacional expone varios proyectos elaborados a nivel mundial que cuentan con *“materiales de base biológica con altas capacidades estructurales y prestaciones térmicas e hidrométricas a través de tablas de transformación de materias primas”*. [32]

Además *“El uso contemporáneo de las fibras vegetales crea una estética que vuelve a conectar a los seres humanos en la naturaleza”* [32] Buscando la manera de revitalizar las técnicas tradicionales y el uso de materiales locales, implementándolo en diseños contemporáneos y bioclimáticos. En donde se realiza una clasificación según el uso que tendrá la fibra: cerrar y separar, aislar y formar, filtrar y tamizar, vestir y cubrir.












Las Obras analizadas están compuestas por varias fibras vegetales como bambú, cáñamo de hormigón, caña, balas de paja, mimbre y ratán.

Como, por ejemplo:

5.1 Ubicación de proyectos



5.2 Casos de estudio

	Proyecto	Material
	Casa de las tejas voladoras  <p>Arquitecto: Daniel Moreno Ubicación: Quito Año: 2018 Fotografía: JAG Studio</p>	<p>Estructura: Envolvente:</p> <p>Metálica Totora Ladrillo Teja</p>
	Centro de formación  <p>Arquitecto: Designbuild Ubicación: Nairobi, Kenia Año: 2012 Fotografía: F. Espinoza</p>	<p>Estructura: Envolvente:</p> <p>Metálica Bambú Bambú</p>
	Capilla Funeraria  <p>Arquitecto: Kaestle & Ocker Architekten BDA Ubicación: Aalen, Alemania Año: 2009 Fotografía:</p>	<p>Estructura: Envolvente:</p> <p>Hormigón Mimbre</p>
	Auditorio del centro de congreso de haute- Saintonge  <p>Arquitecto: Tetrarc Architectes, Metalobil Ubicación: Jonzac, Francia Año: 2017 Fotografía:</p>	<p>Estructura: Envolvente:</p> <p>Tetrapack Totora</p>
	Edificio de oficinas  <p>Arquitecto: Forma6 Ubicación: Nantes, Francia Año: 2017 Fotografía:</p>	<p>Estructura:</p> <p>Adobe Totora</p>
	Escuela Alfa Omega  <p>Arquitecto: Raw Architecture, Realich sjarief Ubicación: Baten, Indonesia Año: 2017 Fotografía:</p>	<p>Estructura:</p> <p>Madera Tetrapack Totora</p>

	Proyecto	Material
	Escuela puente 	Arquitecto: Atelier Li Xiaodong Ubicación: Pinghe, China Año: 2009 Fotografía: Li Xiaodong Estructura: Madera Tetrapack Totoro
	Pabellón de España 	Arquitecto: Estudio Miralles-Tagliabue (EMBT) Ubicación: Shanghai, China Año: 2010 Fotografía: Getty Images- Feng Li Estructura: Madera Tetrapack Totoro
	Pabellón de España 	Arquitecto: Estudio Amann Canovas Maruri Ubicación: Dubai Año: 2020 Fotografía: Amann Canovas Maruri Estructura: Estructura metálica Mimbre

5.2.1 Casa de las tejas voladoras

Autor: Daniel Moreno Flores
Ubicación: Quito, Ecuador
Año: 2018
Material: Totora



Fotografía 61 Casa de las tejas voladoras, Fuente: JAG Studio, 2018

El proyecto posee un área de 200m², cuenta con un volumen definido abstracto reconocible, conformado por una estructura metálica donde la reutilización e implementación de materiales que se encuentran dentro del entorno como madera, ladrillos, tejas, y totora, han marcado el estilo del proyecto. La aplicación de totora se encuentra en el cielo raso, piso y paredes que generan una zona de confort térmica, además de aprovechar su textura y calidez. [33]

Daniel Moreno ha implementado en su obra elementos que permitan rescatar la identidad cultural del sector, al mismo tiempo al ser un material de bajo costo y poco impacto ambiental, la implementación de la fibra se puede dar en espacios internos y externos, todo dependerá del tratamiento que se aplique para prolongar su vida útil.

Como se ha mencionado anteriormente, se podrían aplicar varios productos realizados con la biomasa, no solo esteras o mobiliario; La flexibilidad de la fibra y la capacidad de aprovechar las propiedades y características que esta permite, podría vincularse con otros elementos arquitectónicos de sean parte esencial de la propuesta no solo como elemento decorativo.

5.2.2 Centro de Formación

Autor: Grupo DesignBuild de la Universidad Técnica de Munich (TUM)
Ubicación: Nairobi, Kenia, África
Año: 2012
Material: Bambú, cañas



Fotografía 62 Centro de formación, Fuente: Espinoza F., 2016

El proyecto está conformado por cuatro bloques y un patio interno, lo cual ha permitido generar espacios abiertos con diferentes cualidades, usos y tamaños; realiza una conexión del espacio interior con el exterior. La construcción está realizada con mano de obra local y se ha implementado el uso de materiales y sistemas constructivos aplicados en el entorno.

La fibra vegetal que se utilizó fue el bambú, en donde la cosecha genera un 70% a 90% de rechazo en consecuencia, lograron redistribuir la materia prima que se utilizara para la estructura principal, elementos de separación, puertas y en el cielo raso.

Además, en los elementos de separación se realizó un entrelazado con la estructura metálica la cual le permite generar una textura y forma, brindando un aspecto elegante, cálido y decorativo al edificio. A su vez permite generar una ventilación. [32]

Con referencia a este proyecto, se podrían realizar elementos de separación con la totora y la estructura metálica o de madera, vinculando así otro elemento orgánico con alta capacidad regeneración que pueda suplantar el uso del bambú, siendo más liviano.

5.2.3 Capilla Funeraria

Autor:

Kaestle&ocker Architekten BDA

Ubicación: Aalen, Alemania, Europa

Año: 2009

Material: Mimbre



Fotografía 63 Capilla Funeraria,
Fuente: González B., 2009

La remodelación de la capilla ha tenido como escenario principal la implementación de un revestimiento que le permita al usuario sentirse en un ambiente cálido. Por ende, los arquitectos buscaron un material que cumpla con los parámetros establecidos, siendo el de mayor factibilidad el mimbre. En donde el recubrimiento de la bóveda de cañón está realizado a base de cestería con mimbre, consta de un tejido manual con una superficie de 6000ft, además de contar con una capa de lana mineral como aislamiento térmico y acústico. El proceso inicio trazando ejes principales con mimbre, luego en sentido transversal se fueron entrelazando las fibras con ayuda de herramientas livianas y andamios unidireccionales se fue efectuando los tejidos, hasta conseguir la uniformidad en el cielo raso. El proceso es muy tedioso a diferencia de utilizar otro sistema, pero el acabado final supera las expectativas.

La implementación de fibras vegetales puede generar una mayor esbeltez, a diferencia de un cielo raso convencional en el cual se puede observar vigas de madera, metálicas, losas de hormigón, pladur, entre otros. Al implementar estos elementos naturales se genera una calidez en el espacio interior, además este sería un claro ejemplo para la aplicación de otros materiales permitiendo generar elementos arquitectónicos únicos que destaquen y se conviertan en iconos referenciales. [32]

5.2.4 Auditorio del centro de congresos de Haute-Saintonge

Autor:

Tetrarc Architectes, Metalobil

Ubicación: Jonzac, Francia, Europa

Año: 2017

Material: Rota



Fotografía 64 Auditorio del centro de congresos de Haute-Saintonge,
Fuente: Tetrarc Architectes, 2017

Con una capacidad de 500 espectadores, el teatro auditorio cuenta con una envolvente orgánica realizada a base de 26.000 hebras de ratán ignifugas. Donde la estructura de la fibra es larga con un diámetro regular, a diferencia del mimbre que se encuentra en el sector, y no siendo viable para implementarlo en el proyecto. Se ha recurrido al uso de la fibra vegetal rota que es originaria de Indonesia, respetando su ciclo natural de crecimiento, aunque el transporte afecta a su ACV, debido a que el material se encuentra fuera del radio de acción. Cada módulo se encuentra conformado por una estructura realizada de contrachapado de álamo ignifugo con una capa de yeso en la parte posterior para proporcionar un reflejo acústico y mejorar el comportamiento al fuego. [32]

La estructura cuenta con una superficie de 790m² desarrollado desde las paredes y el techo, en la cual fueron previamente modelados con el software Rhinocero 3D. El mismo que les permitía generar las formas irregulares, cuantificar la cantidad de material y longitudes que necesitaban para generar esa envolvente. La complejidad del proyecto, tanto en su fase de estudio como en el proceso de montaje se vio reflejada requiriendo de mano de obra artesanal para la colocación de cada fibra a la estructura.

En lo personal, este proyecto fue muy determinante para mi fase de estudio, ya que pude conocer una de sus piezas en una exposición realizada en París, en donde se exhibieron algunos proyectos finalistas del Fibra Award 2019. La parametria e irregularidad del proyecto me permitió visualizar la implementación de recursos considerados Low tech en el campo de la arquitectura, y que generalmente no han sido concebidos desde tal punto de vista; en la actualidad con el auge de la sostenibilidad e incidencia ambiental, se están considerando elementos que han sido aplicados en la arquitectura vernácula pero no han tenido ese valor agregado de exploración e innovación.

5.2.5 Oficinas de desarrollo de Loire- Atlántico

Autor: Forma6
Ubicación: Nantes, Francia, Europa
Año: 2017
Material: Balas de Paja



Fotografía 65 Oficinas de desarrollo de Loire- Atlántico, Fuente: Forma6, 2017

El edificio consta de dos volúmenes el principal posee seis pisos, cuenta con área de oficinas y salas de reuniones. A diferencia de él ala izquierda, posee un volumen de dos niveles que se adapta a las construcciones inferiores aledañas para minimizar su sombra. La envolvente que se utilizó para ambos volúmenes se caracteriza por la utilización de paja, ya que este es un material muy característico de Loire.

Conformada por paneles de juncos ensamblados con alambre de acero galvanizado y amarres de acero inoxidable; Estos poseen una densidad entre 180 a 200 kg/m³, fueron sometidos a un sistema con pruebas de viento por el CEBTP; siendo colgados y atornillados en un marco de espigas de abeto Douglas, y fijados en las fachadas de concreto.[32]

Para el proceso de fabricación de los paneles de lámina, se colocó la paja en un tablero en el cual se iban cortando a una medida establecida con ayuda de una máquina que se realizó para el proyecto. Cada panel cuenta con una capa de aislante exterior con un espesor de

20cm, luego son cubiertos con una capa de paja con un espesor de 10cm. Y se sujeta con alambre galvanizado y tornillos. Se utilizaron herramientas tradicionales como agujas, llave, batidor, y caballetes. Estos paneles se podrían realizar con totora debido a sus propiedades y características físicas similares.

5.2.6 Escuela Alfa Omega

Autor:

RAW Architecture, Realrich Sjarief

Ubicación: Baten, Indonesia, Asia

Año: 2017

Material: Bambú, Paja



Fotografía 66 Escuela Alfa Omega,
Fuente: Team Indonesia creative
media, 2017

El edificio está conformado por cuatro bloques modulares, dispuestos en forma de abanico, tienen aberturas para preservar las transparencias en el paisaje. Donde combinan varios materiales dispuestos en un radio de acción de 5 kilómetros, como el concreto en la cimentación, acero y bambú en la estructura, ladrillo en la mampostería, y en la cubierta se utilizó hojas de palma. La mano de obra fue realizada por artesanos de la región implementando los diferentes materiales. En donde el objetivo principal fue la vinculación del entorno con la edificación. [34]

5.2.7 Escuela puente

Autor: Atelier Li Xiaodong

Ubicación: Pinghe, China, Asia

Año: 2009

Material: Listones de madera



Fotografía 67 Escuela Puente, Fuente:
Li Xiaodong, 2009

La necesidad de integrar dos edificaciones antiguas que se encuentran separadas por un arroyo, brindando como solución una estructura metálica con listones de madera, desarrollada en un área de 240 m², el puente está conformado por dos aulas y un patio interior, además su fachada es abatible y plegable, la misma que le permite generar una conexión del espacio interior con el exterior. De este proyecto se puede rescatar la aplicación del material, al ser un elemento de separación con aberturas internas, se puede

hacer referencia al uso de paneles de totora dispuestos en varios sentidos, formas y texturas. [35]

5.2.8 Pabellón de España 2010

Autor:
Estudio Miralles-Tagliabue (EMBT)
Ubicación: Shanghai, China, Asia
Año: 2010
Material: Mimbre y acero tubular

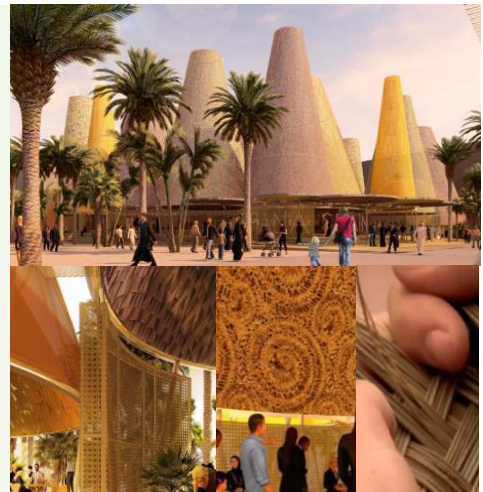


Fotografía 68 Pabellón de España,
Fuente: Getty images- Feng Li, 2010

Inspirado en un cesto de mimbre, el proyecto temporal cuenta con una superficie de 8500m², posee una estructura metálica y envoltorio de mimbre. Aprovechando sus propiedades técnicas debido a su resistencia al sol, humedad, además posee una elasticidad elevada siendo muy maleable. Debido a la estructura de la fibra, esta permite generar varias sensaciones visual, táctil, térmica, acústica, olfativa. Al tratarse de un material ecológico y sostenible, su impacto ambiental es reducido, el costo del material es menor y permite reflejar la cultura de ambos sectores. [36]

5.2.9 Pabellón de España 2020

Autor:
Estudio Amann Canovas Maruri
Ubicación: Dubai, Emiratos Árabes
Unidos, Asia
Año: 2020
Material: Mimbre



Fotografía 69 Pabellón de España en
Dubai, Fuente: Canovas A., 2020

El concepto principal se basa en el reciclado total de sus materiales utilizando criterios de sostenibilidad, lo cual permite crear una economía circular en donde el material puede generar una segunda vida al conjunto o algunas de sus partes; El proyecto cuenta con una serie de volúmenes cónicos que le permiten mejorar su condición climática para atemperar el espacio público. Cuenta con una superficie de 6.000m², destacando la aplicación de fibra vegetal con diferentes tejidos en paredes divisorias y cielo raso. [37] Estos tejidos se han venido aplicando en las exposiciones a nivel mundial de los pabellones a cargo de España, ya que la materia prima es muy característica de la región a representar, los tejidos son realizados a mano previamente y trasladados al sector de montaje.

6 Conclusiones

En la investigación efectuada se pudo determinar la viabilidad del material para futuras aplicaciones tomando como referencia varios casos de estudio en el cual se evidencio que el uso de materiales locales aplicados correctamente, aprovechando sus propiedades y características físicas se puede lograr un mejor confort e incidencia ambiental mínima. También se determinó que existen varios investigadores los cuales han aprovechado la viabilidad de la biomasa para ejecutar nuevos productos en la línea de elementos arquitectónicos, siendo comercializados y otros han quedado solo en la fase investigativa. Realizando una innovación en los materiales y formas, se puede cambiar el ángulo visual del espectador, efectuando una valorización del recurso que representa la identidad cultural de un pueblo ya que por generaciones se ha implementado en la arquitectura vernácula, pero no se ha generado una innovación en sus aplicaciones.

En el proceso de mi formación académica, he aprendido la importancia de conocer el comportamiento del material respetando su ciclo de vida, para generar un mínimo impacto ambiental. A su vez conservar y mantener una edificación es importante ya que se tiende a demoler y sustituir con materiales modernos, sin considerar la transición de la obra, por ende, es importante realizar una lectura de paramentos, e identificar patologías, sustitución de materiales teniendo como referencia propiedades y comportamientos, mientras menos material se reemplace mejor será la rehabilitación.

Además, implementar de materiales que se encuentran en el entorno ayuda a reducir costo, mano de obra, impacto ambiental, siendo viable la aplicación de fibras vegetales al ser un material flexible para ejecutar diversos diseños.

El desarrollo del TFM, ha cambiado en mi la perspectiva en cuanto al uso de materiales considerados low tech y que han sido aplicados en la arquitectura vernácula. Fusionando la aplicación de materiales con la arquitectura contemporánea o paramétrica, se pueden generar diseños innovadores que cambien la percepción y concepto erróneo sobre el uso de fibras vegetales en los usuarios que actualmente poseen la materia prima, pero siguen generando elementos lineales y no crean la necesidad de incentivar al usuario a adquirirlos. Se debe generar un nicho de mercado en el cual se expongan diferentes diseños y se inculquen las aplicaciones y técnicas ancestrales.

7 Bibliografía

- [1] M. Mier and F. Noruega, "EFECTO DE CINCO DOSIS DE PROBIOTICO BIOSEPTIC EN LA DESCOMPOSICIÓN DE TOTORA (*Schoenoplectus californicus*) Y SU EVALUACIÓN EN EL CULTIVO DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) EN YAHUARCOCHA," 2007.
- [2] G. Vidal and S. Hormazabal, "Las fibras vegetales y sus aplicaciones. Innovación en su generación a partir de la depuración de agua.," in *Sello editorial Universidad de Concepción*, Diciembre., D. P. Okey, Ed. Concepción, Chile, 2016, p. 100.
- [3] F. Heredia, "Re-significación de la Totora, a través del diseño y la innovación de técnicas, usos y formas," Universidad Católica de Córdoba, 2014.
- [4] J. Hidalgo, "Aprovechamiento de la totora como material de construcción," universidad de cuenca, 2007.
- [5] A. Anci, "La totora," 2018. [Online]. Available: <https://es.scribd.com/document/380206977/La-Totora>.
- [6] W. Inquilla, "La totora," Scribd, Juliaca, 2016.
- [7] E. Ortega, G. Pabon, R. Rodés, L. Pérez, and L. Vásquez, "Estudio comparativo de germinación de semillas de totora provenientes de tres lagos norte-andinos de Ecuador Comparative study of germination of totora seeds from three north-andean lakes of," *Revista cubana de ciencias biológicas*, vol. 6, pp. 1–12, Dec-2018.
- [8] PELT-ADESU, "Técnicas de reimplante de Totora: Programa de Capacitación sobre el manejo de la Totora," 2001.
- [9] PELT, "Validación de las técnicas de plantación, corte y cosecha de totora (*schoenoplectus totora*)," 2002.
- [10] ALT and PNUD, "Identificación de Técnicas de Reimplante de Totora," p. 136, 2000.
- [11] FUNPROIB Andes, "La Totora, la planta sagrada de los Urus," Cochabamba, pp. 1–29, Dec-2016.
- [12] D. D. Jurado Garayar, "Diseño piloto del sistema de tratamiento pasivo de infiltraciones provenientes del depósito de material inadecuado de Minera La Zanja, Perú," Universidad Politécnica de Cataluña, 2016.
- [13] J. F. Hidalgo-Cordero and J. García-Navarro, "Totora (*Schoenoplectus californicus* (C.A. Mey.) Soják) and its potential as a construction material," *Ind. Crops Prod.*, vol. 112, pp. 467–480, Feb. 2018.
- [14] Viviana Duchicela and Magaly Toledo, "Determinación De Eficiencia De Especies Vegetales: Totora - Achira Implementadas En Biofiltros Para Agua De Riego En Punín 2013," Escuela superior Politécnica de Chimborazo, 2014.
- [15] PELT and ADESU, *Plantación de totora en comunidades*. Peru, 2003.
- [16] T. Bouysson-Cassagne, "Poblaciones humanas antiguas y actuales," *El Lago Titicaca, síntesis del Conoc. limnológico actual*, pp. 481–498, 1991.
- [17] G. Prieto, "Balsas de totora en la costa norte del Perú: una aproximación etnográfica y arqueológica," *Quingnam*, vol. 2, pp. 141–188, 2016.
- [18] L. Medina, "La Totora Como Material De Aislamiento Térmico: Propiedades Y Potencialidades," UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CATALUNYA, 2014.
- [19] M. Giraldo, *LIGNOMAD17 Congreso sobre construcción con madera y otros materiales lignocelulósicos*, Escola Pol. Barcelona, 2017.
- [20] Edgar Toro, "El papel de totora, un negocio ecológico para el lago Titicaca - La Razón," *La Razón*, 2012. [Online]. Available: http://www.la-razon.com/index.php?url=/suplementos/el_financiero/papel-totora-negocio-ecologico-Titicaca_0_1565843496.html. [Accessed: 21-Oct-2019].
- [21] Jose Rosales, "Lámparas elaboradas con tres técnicas ancestrales | El Comercio," *El comercio*, 2019. [Online]. Available: <https://www.elcomercio.com/construir/lamparas-tecnicas-ancestrales-imbabura-construir.html#>. [Accessed: 14-Oct-2019].
- [22] A. Culcay, "Experimentación con la fibra de totora," Universidad del azuay, 2014.
- [23] S. Rodríguez *et al.*, "Manual del promotor técnico para la construcción de la vivienda altoandina segura y saludable," *Centro tierra*, Lima- Perú, p. 90, 2016.

- [24] O. D. J. Vinueza, "Artes y oficios (constructivos en totora) como vinculación material al diseño y detalle arquitectónico," Universidad Técnica de Ambato, 2018.
- [25] M. Quezada, "ANÁLISIS, DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE AISLANTES TERMICOS NATURALES UTILIZANDO TOTORA (Schoenoplectus californicus) EN BLOQUES DE ADOBE Y PLACAS RÍGIDAS.," Universidad de las fuerzas Armadas, 2015.
- [26] Oscar Jara, "TEC_TOTORAROTOT @tec_totorarotot Instagram Profile | Picpanzee," 2019. [Online]. Available: http://picpanzee.com/tec_totorarotot. [Accessed: 14-Oct-2019].
- [27] E. C. A. Lopez, "PROPUESTA DE UN SISTEMA CONSTRUCTIVO CON REVOQUE DE MORTERO EN ZONAS ALTOANDINAS," Universidad Nacional de Ingeniería, 2019.
- [28] Jose Franco, "'Cubo de Totorá' en Ecuador: fortaleciendo la identidad local a través de un diseño flexible y multiprogramático | Plataforma Arquitectura," *Plataforma arquitectura*, 2016. [Online]. Available: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/801921/cubo-de-totora-en-ecuador-fortaleciendo-la-identidad-local-a-traves-de-un-diseno-flexible-y-multiprogramatico>. [Accessed: 13-Oct-2019].
- [29] W. Benalcázar, "Urku Wasi es un nuevo mirador turístico en el lago San Pablo," *El comercio*, 2016. [Online]. Available: <https://www.elcomercio.com/construir/urkuwasi-miradorturistico-construccion-sanpablo.html>. [Accessed: 28-Nov-2019].
- [30] Estudio ASA Gimbert, "Extensión La Fabrik," *Ecoweek Arquitectura Construcción ecológica*, 2014. [Online]. Available: <https://www.ecoweek.com/arquitectura/extension-la-fabrik/>. [Accessed: 28-Oct-2019].
- [31] A. 1852-1926 Gaudí, *Escritos y documentos / Antoni Gaudí; edición de Laura Mercader*. Barcelona : El Acantilado, 2002.
- [32] D. G. Muller, *Architecture en fibres vegetales D'Aujourd'Hui*. Paris, Francia, 2019.
- [33] D. Moreno, "Casa de las tejas voladoras," *Plataforma arquitectura*. [Online]. Available: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/922551/casa-de-las-tejas-voladoras-daniel-moreno-flores>. [Accessed: 05-Dec-2019].
- [34] "Escuela Alpha Omega," *ArchDaily*, 2017. [Online]. Available: <https://www.archdaily.com.br/br/885609/escola-alfa-omega-raw-architecture>. [Accessed: 03-Dec-2019].
- [35] "Bridge School," *Solucionista*, 2018. [Online]. Available: <http://solucionista.es/puente-escuela-bridge-school/>. [Accessed: 05-Dec-2019].
- [36] "FIBRAS - Recopilación materiales." [Online]. Available: <https://sites.google.com/site/recopilacionmateriales/fibras>. [Accessed: 29-Nov-2019].
- [37] "El estudio Temperaturas Extremas Arquitectos ganador del concurso de arquitectura del Pabellón de España en la Expo Dubái 2020," *Acción cultural Española*, 2018. [Online]. Available: <https://www.accioncultural.es/es/temperaturas-extremas-ganador-expoSpain-dubai-2020>. [Accessed: 29-Nov-2019].

8 Agradecimientos

Quiero agradecer la confianza y el apoyo del Gobierno de Ecuador mediante una beca de estudios otorgada por la Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología (SENESCYT) y del Instituto de Fomento al Talento Humano (IFTH).

Agradezco a mi directora de tesis, por guiarme en esta etapa investigativa, y por su inculcación al manejo de fibras vegetales enfocando el material como un recurso en el cual se puede aprovechar sus propiedades, características; usando materiales que se encuentran en el sector, y rescaten la identidad cultural, siendo viables con una incidencia ambiental menor en relación a otros materiales.

Agradezco a mi familia y amigos que me han brindado su amor a la distancia, cada esfuerzo valió la pena.